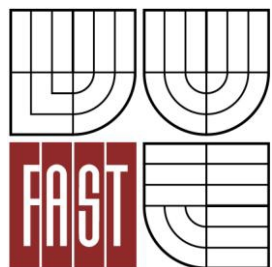




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

REKONSTRUKCE NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE DVOUPODLAŽNÍHO OBJEKTU

THE RECONSTRUCTION OF A STEEL STRUCTURE TWO-STOREY BUILDING.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAROMÍR RAPANT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. JAROMÍR RAPANT
Název	Rekonstrukce nosné ocelové konstrukce dvoupodlažního objektu
Vedoucí diplomové práce	Ing. Stanislav Buchta
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

.....
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

ČSN EN 1991 Zatížení staveb

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

Ocelové konstrukce pozemních staveb, Faltus

Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov, Melcher, Straka

Zásady pro vypracování

Vypracujte návrh rekonstrukce nosné ocelové konstrukce dvoupodlažního objektu papírenského provozu o půdorysných rozměrech 54,0 x 47,0m.

Vypracujte:

Technickou zprávu.

Statický výpočet základních nosných prvků.

Výkresovou dokumentaci v rozsahu dispozičních a výrobních výkresů včetně kusovníků materiálu.

Předepsané přílohy

.....

Ing. Stanislav Buchta
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt v českém jazyce:

Práce řeší průzkum objektu papírenské výroby, zatížení, posouzení stávající nosné konstrukce a návrh rekonstrukcí. Konstrukce je celá z oceli a je řešena jako rám XYZ. Objekt se nachází v Olšanech u Šumperka, tímto jsou dány klimatické podmínky. Objekt papírenského provozu je půdorysných rozměrů 54,0 x 48,25 m a je dvoupodlažní o průměrné výšce 13,22 m. Práce obsahuje fotodokumentaci objektu a zkoušky pevnosti oceli v konstrukci. Je proveden podrobný statický výpočet všech stávajících prvků ocelové konstrukce a na jeho základě navrhnuty potřebné rekonstrukce.

Klíčová slova v českém jazyce:

Objekt papírenské výroby, průzkum, ocel, zatížení, stávající stav, rekonstrukce, spřažení

Abstrakt v anglickém jazyce:

This thesis deals with exploration of paper mill building, structural load, and assessment of current load bearing structure and proposing reconstruction. Bearing structure is entirely made out of steel and it's done as XYZ frame. The building is located in Olsany u Šumperka, this defines the climate. The paper mill is of a platform of 54,0 x 48,25 m. It's a two floor building with average height of 13,22m. Thesis contains foto documentation of the building and tests of strength of the steel in the bearing structure. Small statistical calculation was done, of all current elements of the steel structure. And necessary reconstruction was based on these calculations.

Klíčová slova v anglickém jazyce:

The building paper production, exploration, steel, load, current status, reconstruction, coupled

Bibliografická citace VŠKP:

RAPANT, Jaromír. *Rekonstrukce nosné ocelové konstrukce dvoupodlažního objektu*. Brno, 2013. 266 s., 131 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 7.1.2013

.....
podpis autora
Jaromír Rapant

Poděkování:

Tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Stanislavu Buchtovi za vedení práce.
Děkuji panu Ing. Jaroslavu Hlobilovi za poskytnutí materiálů ke zpracování této práce.

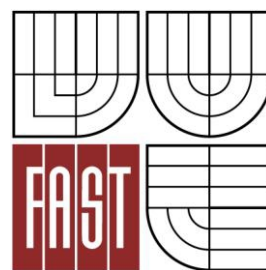
Obsah

1. POŽADOVANÉ NÁLEŽITOSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE
2. FOTODOKUMENTACE
3. ZKOUŠKA TVRDOSTI OCELI
4. STATICKÝ VÝPOČET – STÁVAJÍCÍ STAV KONSTRUKCE
5. TECHNICKÁ ZPRÁVA – STÁVAJÍCÍ STAV KONSTRUKCE
6. STATICKÝ VÝPOČET – NOVÝ STAV KONSTRUKCE
7. TECHNICKÁ ZPRÁVA – NOVÝ STAV KONSTRUKCE
8. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE
9. PŘÍLOHY

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

REKONSTRUKCE NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE

DVOUPODLAŽNÍHO OBJEKTU

FOTODOKUMENTACE

Obsah

1. ZALOŽENÍ OBJEKTU	- 3 -
2. KONSTRUKČNÍ SYSTÉM HALY	- 5 -
3. STŘEŠNÍ KONSTRUKCE	- 9 -
4. ZTUŽIDLA	- 13 -
5. ZATÍŽENÍ	- 14 -
6. DETAILS	- 22 -

1. Založení objektu

Objekt je založen na betonových patkách, do kterých jsou vetknuty ocelové sloupy. Celkem 74 patek a sloupů.



Obrázek 1 – Napojení základové patky na sloup



Obrázek 2 – Odkrytá betonová patka



Obrázek 3 – Vrstvy pod betonovou podlahou

2. Konstrukční systém haly

A) Sloupy

Sloupy jsou provedeny z ocelových I nosníků svařovaných z jednotlivých ocelových desek. Vnější šířka těchto sloupů je 790 x 320 mm a 400 x 300 mm mimo obvodových sloupů, které jsou 500 x 300 mm. Délka sloupů procházejících přes obě podlaží je 13, 22 m a sloupů v prvním podlaží 5,71m. Tyto sloupy jsou v modulových osách 9,0 x 6,0 m, 6,0 x 6,0 m a 6,25 x 6,00 m.



Obrázek 4 – Tvar sloupu



Obrázek 5 – Průchod sloupu do 2NP



Obrázek 6 – Napojení střešní konstrukce na sloup

B) Průvlaky

Čtyři typy průvlaků jsou také tvořeny svařovanými I nosníky o vnějších rozměrech 320 x 920 mm, 320 x 780 mm, 320 x 1050 mm, 300 x 400 mm. V úrovni horní pásnice průvlaků jsou umístěny nosné prvky stropu ve vzdálenostech 1,5 m od sebe. Horní plocha průvlaků a nosníků nesoucích železobetonový strop je v jedné úrovni.



Obrázek 7 – Systém průvlaků a trámů

C) Trámy

Vzdálenost trámů je 1,5 m. Jsou provedeny z válcovaných I nosníků o velikosti I 340 a I450 o délkách 6,0 m.



Obrázek 8 – Systém trámů

3. Střešní konstrukce

A) Příhradové vazníky

Příhradové vazníky jsou napojeny na sloupy a vynášejí přes I profil střešní krytinu. Dolní i horní pás příhradového vazníku tvoří profil 2L 90/90/8 mm. Svislice i diagonály tvoří profil 2L 60/60/6 mm. V podélném směru mají vazníky rozpětí 6 m, v příčném 18 m a 12,25 m.



Obrázek 9 – Systém příhradových vazníků a napojení na sloupy



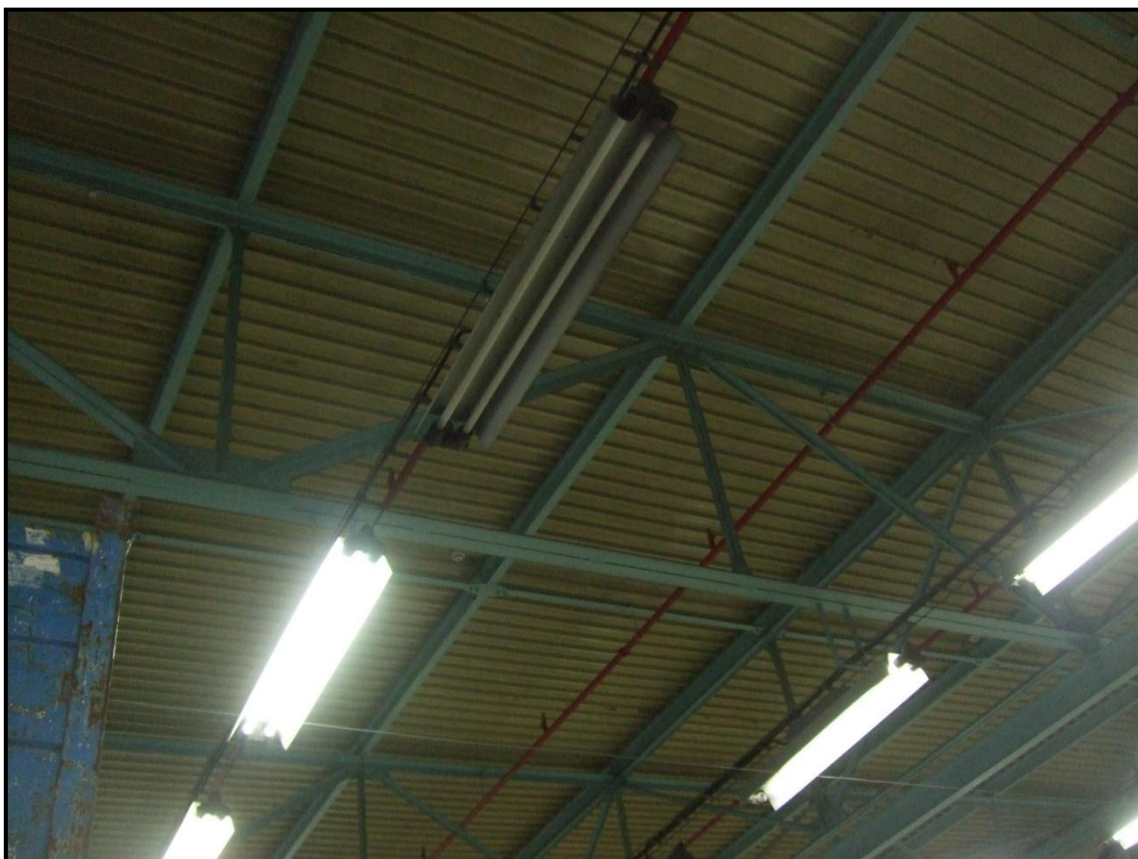
Obrázek 10 – Systém příhradových vazníků



Obrázek 11 – Spoje příhradového vazníku

B) Střešní I profil

Válcované střešní profily I 160 jsou od sebe vzdáleny 3 m, v jednom delším poli 3,25 m. Spodní pásnici leží na příhradových vaznicích a konce I profilu jsou spojeny s U profilem.



Obrázek 12 – Umístění střešního I profilu

C) Střešní obvodový U profil

Profil U 240 má délku 6,0 m a je po obvodu celé haly. Je umístěn mezi horními konci sloupů.



Obrázek 13 – Umístění střešního U profilu

4. Ztužidla

A) Střešní a obvodové ztužidla

Střešní ztužidla jsou složena z profilu L 60/6 a mají délku 3 m nebo 4,240 m. Délka závisí na přímém nebo diagonálním osazení prvku. Střešní ztužidlo je šroubově připojeno ke střešnímu I profilu a U profilu. Obvodové ztužidla jsou také složena z profilu L 60/6 a mají délku 3 m nebo 4,140 m. Obvodové ztužidlo je šroubově připojeno ke sloupům.



Obrázek 14 – Umístění střešního ztužidla

5. Zatížení

A) Střešní plášť a opláštění haly

Střešní plášť se skládá z hydroizolace, tepelné izolace a trapézového plechu, jeho celková tloušťka činí 180 mm. Opláštění haly je uskutečněno sendvičovými panely o tloušťce 80 mm.



Obrázek 15 – Střešní plášť



Obrázek 16 – Opláštění haly

B) Výrobní technologie

Zatížení a jeho intenzita působení na konstrukci vychází z dokumentace od výrobce výrobní technologie. Jedná se o linku pro výrobu papíru.



Obrázek 17 – Linka na výrobu papíru



Obrázek 18 – Uložení výrobní linky



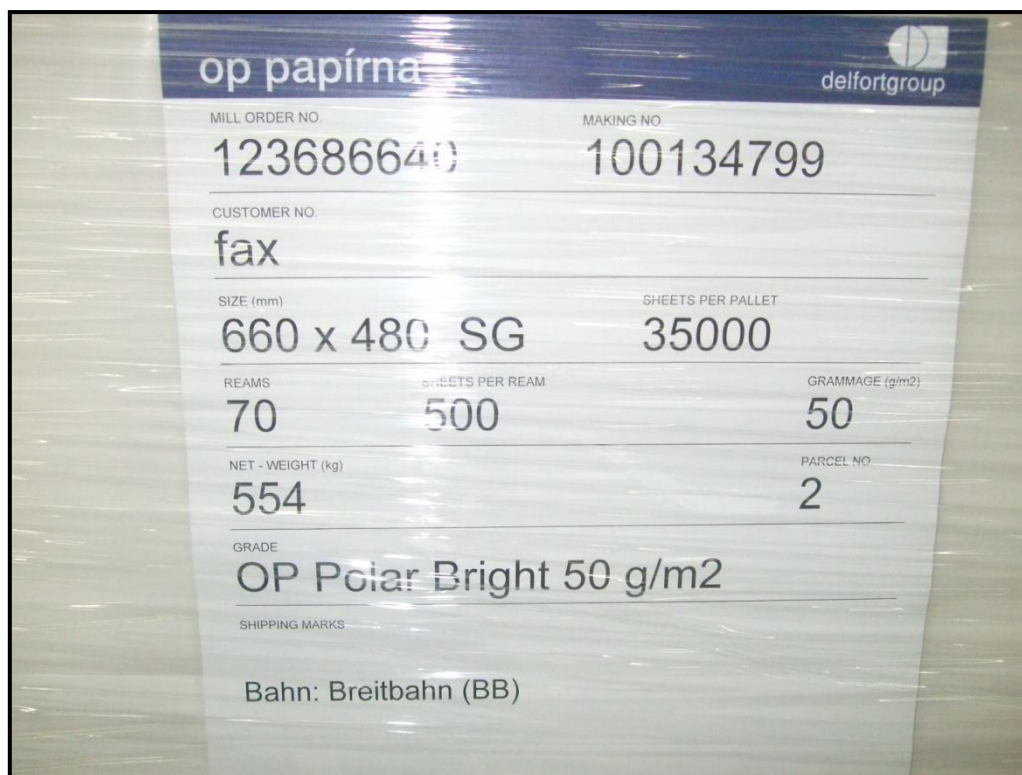
Obrázek 19 – Výrobní linka v plné zátěži

C) Výstupní materiál

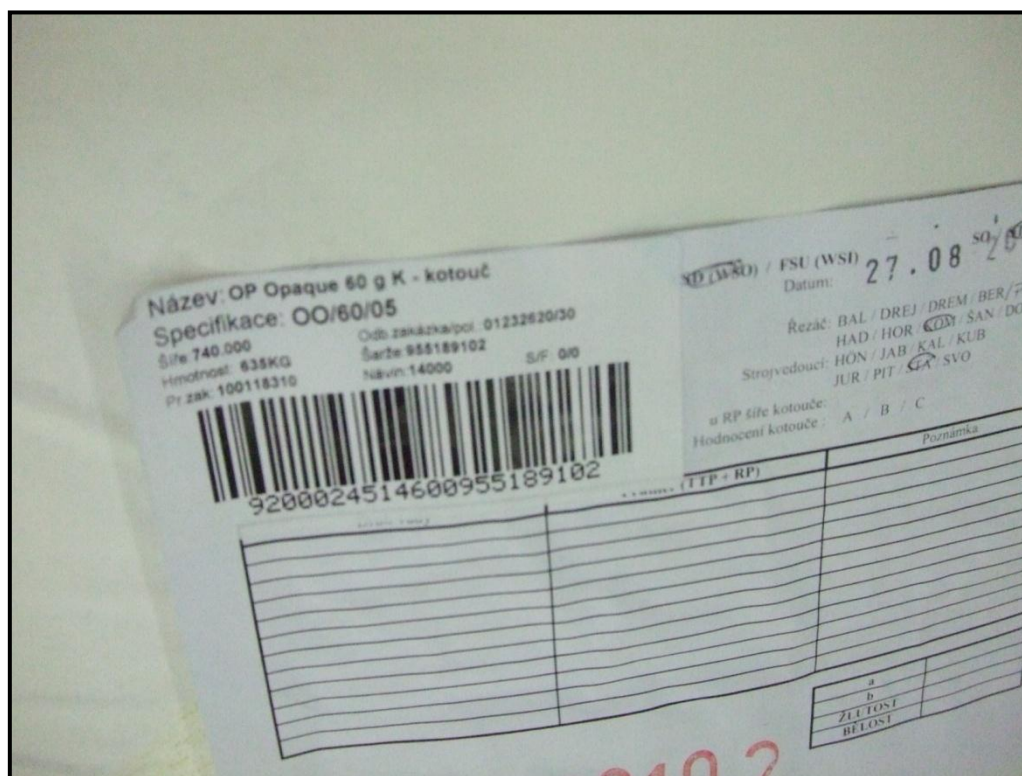
Výstupní materiál je v podobě papírových rolí o hmotnosti 635 kg a šířce 740 mm, nebo palet s papírem o hmotnosti 555 kg a rozměrech 660 x 480 mm. Při manipulaci s tímto materiálem je možno dát až tři role na sebe, palety s papírem se na sebe nedávají, poškodily by se.



Obrázek 20 – Palety s papírem



Obrázek 21 – Rozměry a váha palet s papírem



Obrázek 22 – Rozměry a váha papírových rolí



Obrázek 23 – Umístění papírových rolí



Obrázek 24 – Umístění papírových rolí

D) Vysokozdvížené vozíky

Typ vysokozdvížného vozíku, který po hale jezdí – Linde E20P. Vlastní hmotnost vozíku je 3570 kg. Rozměry vozíku a rozvory náprav jsou uvedeny v podkladech od vysokozdvížného vozíku. V zatížení je uvažováno postavení dvou vysokozdvížných vozíků vedle sebe.



Obrázek 25 – Vysokozdvížený vozík

6. Detaily

A) Kotvení pomocí patky do kalichu

Uvažovaný beton v základových patkách je C20/25. Do základových patek, které jsou zality v betonovém kalichu, je vetknut ocelový sloup. Viz. obrázek - 1, obrázek - 2.



Obrázek 26 – Detail základové patky

B) Připojení větrového ztužidla

Větrové ztužidla tvoří systém přípojí L-profilu na styčnickový plech pomocí šroubů. Parametry šroubů byly převzaty z Rochlových tabulek. Profil větrového ztužidla je L60/6.



Obrázek 27 – Detail přípoje větrového ztužidla

C) Připojení trámu na průvlak

Přípoj trámu na průvlak je realizován pomocí svarového přípoje. Délky svarů jsou závislé na připojovaném prvku. Tloušťka svarů je 4mm.



Obrázek 28 – Systém napojení trámu na průvlak

D) Přípoj diagonály ve vazníku

Diagonály ve vazníku jsou přivařeny koutovým svarem. Uvažovaná tloušťka svaru je 4 mm. Diagonála má profil 2L 60/60/6.



Obrázek 29 – Detail přípoje diagonály ve vazníku

E) Napojení vazníku na sloup

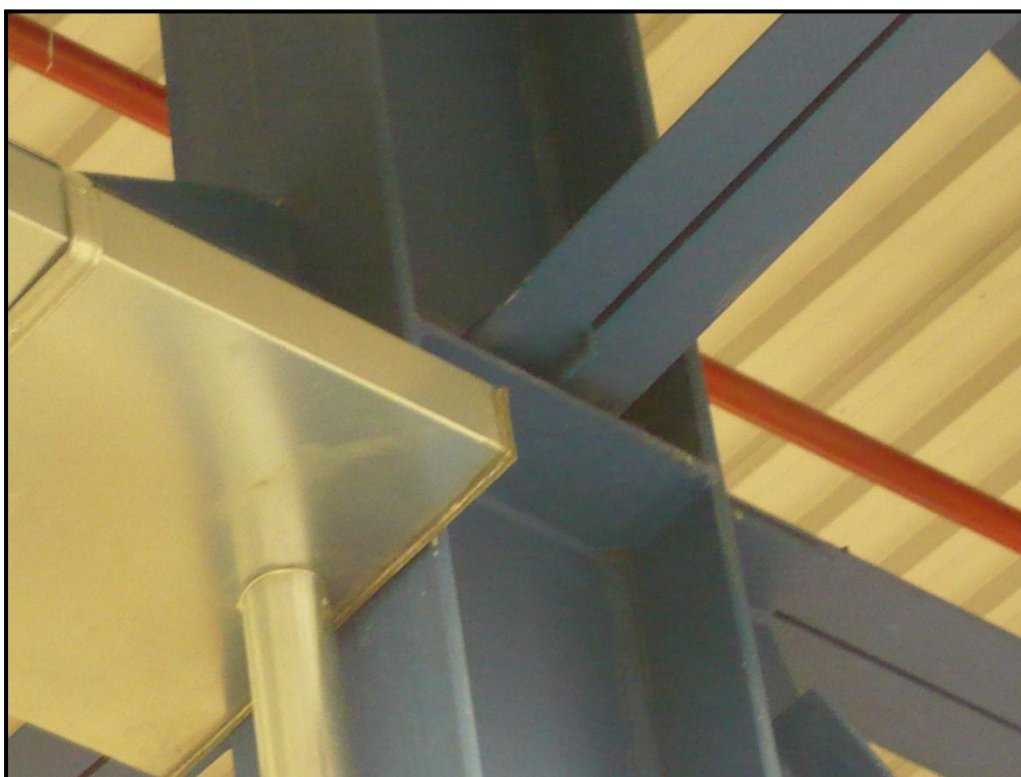
Horní pás vazníku 2L 90/90/8 je připojen pomocí styčnickového plechu šesti šrouby ve dvou řadách. Dolní pás 2L 90/90/8 je připojen kluzným čepem, který dovoluje dolnímu pásu posun v ose prvku.



Obrázek 30 – Detail přípoje horního pásu na sloup



Obrázek 31 – Detail přípoje dolního pásu na sloup

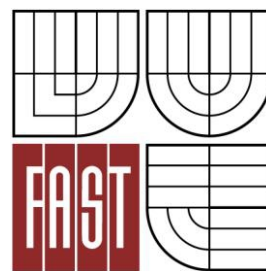


Obrázek 32 – Detail přípoje dolního pásu na sloup

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

REKONSTRUKCE NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE
DVOUPODLAŽNÍHO OBJEKTU

ZKOUŠKA TVRDOSTI OCELI

Obsah

1. TEORIE.....	- 3 -
2. POPIS ZKOUŠKY	- 3 -
3. POMŮCKY	- 4 -
4. ZKUŠEBNÍ MÍSTO	- 5 -
5. POSTUP ZKOUŠKY	- 6 -
6. VYHODNOCENÍ	- 9 -
7. ZÁVĚR.....	- 10 -

1. Teorie

Tvrдост je definována jako odpor materiálu proti vniknutí cizího tělesa. Tvrдост ale není nijak fyzikálně definována a je závislá na celé škále vlastností hmoty. Měří se tvrdoměry.

Zkoušky tvrdosti se dělí dle:

Intenzity použité síly:

- Statické: zatížení se zvětšuje pomalu
- Dynamické: zatížení působí nárazově

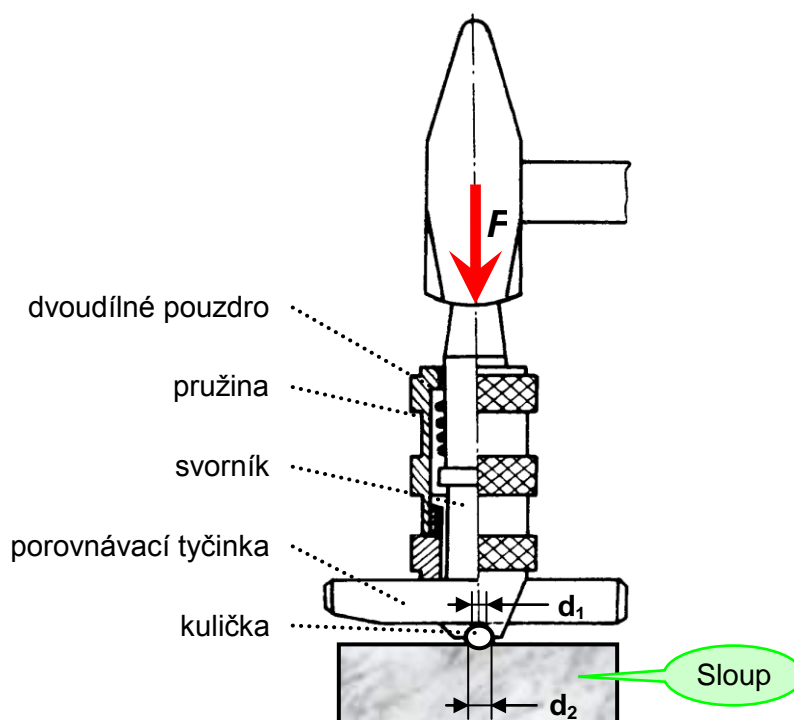
Druhu zkoušky:

- Vrypové
- Vnikací
- Odrazové

Pro naši zkoušku tvrdosti, byla vybrána zkouška Poldi kladívkem, ta patří mezi dynamické vnikací zkoušky.

2. Princip zkoušky

Při úderu kladiva na razník tvrdoměru dochází současně k vtisku kuličky do zkoušeného materiálu, tak i ke vtisku kuličky do standardizované tyče o známé tvrdosti, která je do tvrdoměru zasunuta. Z průměrů příslušných vtisků je možné z tabulek rychle určit hledanou tvrdost.



Obrázek 1 – Princip zkoušky

3. Pomůcky

Pilník, smirkový papír, kladívko, tvrdoměr Poldi, standardizovaná tyč, říditelná lupa s pravítkem o přesnosti desetiny milimetru, tabulky.



Obrázek 2 – Tvrdoměr Poldi a standardizovaná tyč



Obrázek 3 – Říditelná lupa a standardizovaná tyč

*Obrázek 4 – Pilník**Obrázek 5 – Kladívko*

4. Zkušební místo

Pro bezproblémovou dostupnost byla jako zkušební místo vybrána pásnice sloupu v I. Patře. Správcem budovy bylo potvrzeno, že ocel ve všech prvcích je stejná. Tudíž postačilo zkoušku udělat na jednom prvku.

*Obrázek 6 – Výběr zkušebního místa*

5. Postup zkoušky

Kladívko Poldi se skládá z pouzdra, do něhož je vkládána porovnávací tyčinka známé tvrdosti. Tyčinka je svorníkem a pružinou přitlačovaná ke kuličce o průměru 10 mm. Srovnávací tyčinku vsuneme skoseným koncem mezi kuličku a razidlo. Na kuse, který má být zkoušen, vybrousí se pilníkem a smirkem nebo brusem malá, rovná a hladká plocha. Rýhy pocházející od smirku nebo brusy, mají být co možno rovnoběžné a ne příliš hrubé, aby otisky kuličky se daly dobře změřit.

Přístroj, opatřený srovnávací tyčinkou se postaví kolmo na zkoušenou plochu. Pak uhodíme kladivem krátce, ne příliš mocně a pokud možno kolmo na razidlo. Úderem vznikají ve srovnávací tyčince a ve zkoušeném kusu otisky kuličky. Průměr otisku ve srovnávací tyčince nemá být větší jak 4,2 mm, při větším průměru otisku srovnávací tyčinka již uhýbá stranou a nedosáhli bychom správného výsledku. Nesmí dojít k odskoku kladiva a tudíž k dvojímu úderu. Průměr otisku co nejpřesněji změříme řiditelnou lupou, která se nalézá u přístroje a má dělení na desetiny milimetru. Zkoušeny budou vždy dvě místa na jednom prvku a měření řiditelnou lupou se bude provádět vždy kolmo a podélně na otisk od kuličky na tyčince i na zkoušeném místě. Výsledkem budou čtyři hodnoty na zkoušeném místě a čtyři hodnoty na srovnávací tyčince, které se poté zprůměrují. Nutno dbát na to, aby vzdálenost středů jednotlivých otisků kuličky ve srovnávací tyčince byla nejméně 15 mm.

Pomocí dvou výsledných hodnot – d_1 (průměru otisku kuličky ve srovnávací tyčince) a d_2 (průměru otisku kuličky ve zkoušeném kusu), nalezneme v příložených tabulkách přístroje výslednou pevnost v kg/mm^2 a číslo Brinellovy tvrdosti. Číselné tabulky platí pro srovnávací tyčinku z oceli 70 kg/mm^2 jmenovité pevnosti. Pro naši zkoušku je použita srovnávací tyčinka z oceli jmenovité pevnosti 71 kg/mm^2 . Hodnoty Brinellovy pevnosti odečtené z tabulek, budou proto přenásobeny koeficientem 1,014, který je uveden na srovnávací tyčince.



Obrázek 7 – Vybroušení zkoušeného místa pilníkem



Obrázek 8 – Vybroušené místo



Obrázek 9 – Provedení zkoušky



Obrázek 10 – Měření průměru otisku kuličky do sloupu

6. Vyhodnocení

Výsledné měření je zapsáno do tabulky a srovnáno s tabulkami přiloženými k Poldi tvrdoměru. Z výsledné pevnosti jsou pomocí tabulek materiálu odvozeny další vlastnosti materiálu.

		Průměr otisku (mm)		Průměrné hodnoty		Brinellovo číslo tvrdosti HB	Brinellovo číslo přenásobeno koeficientem srovnávací tyčinky	Pevnost (Mpa)
		Sloup	Srovnávací tyčinka	Sloup (mm)	Tyčinka (mm)			
Sloup	1.místo	2,6	2,4	2,7	2,4	134	136	480
		3,0	2,6					
	2.místo	2,8	2,2					
		2,5	2,2					

Tabulka 1 – Naměřené hodnoty

Ocel přírodně tvrdá a žitá		Průměr otisku kuličky v mm ve zkoušeném kusu																						
		1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
Průměr otisku kuličky v mm ve srovnávací tyčince (ocel 70 kg/mm ² pevnosti)	2,1	130 365	113 319	99 280	88 248	78 221	70 197	60 170	52 147	45 127	39 111	34 97												
	2,2		126 354	111 311	98 276	87 245	78 220	70 197	61 171	53 149	46 130	40 114	35 100											
	2,3			122 344	108 305	97 272	86 243	78 219	70 197	61 172	53 150	47 132	41 117	36 103										
	2,4				119 336	106 299	95 268	86 241	77 218	70 197	61 173	54 152	47 134	42 119	37 106									
	2,5					117 328	104 294	94 264	85 239	77 217	70 197	62 174	55 154	48 136	43 121	38 108	34 97							
																			Černé číslice: pevnost zkoušeného kusu v kg/mm ²					
																			Červené číslice Brinellovo číslo tvrdosti zkoušeného kusu					

11

Obrázek 11 – Tabulka přiložená k přístroji

7. Závěr

Provádění zkoušky proběhlo bez problémů a naměřené hodnoty by měly být přesné. Zkouška nebyla ničím ovlivněna. Výsledkem je odvození oceli a jejich vlastností, která byla použita na celou konstrukci. Dle nového značení ocel odpovídá oceli S355.

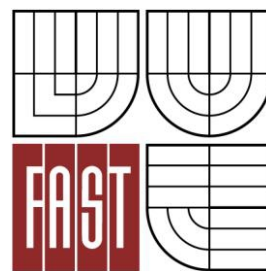
Použitá ocel: - S355

- Mez kluzu $f_y = 355 \text{ Mpa}$
- Mez pevnosti $f_u = 490 \text{ Mpa}$
- Modul pružnosti $E = 210 \text{ Gpa}$
- Hustota $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Poissonův součinitel $\mu = 0,3$

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

REKONSTRUKCE NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE
DVOUPODLAŽNÍHO OBJEKTU

STATICKÝ VÝPOČET –
STÁVAJÍCÍ STAV KONSTRUKCE

Obsah

1.	KONSTRUKČNÍ PRVKY	- 3 -
1.1.	ROZMĚRY PRVKŮ	- 3 -
2.	VÝPOČTOVÝ MODEL	- 3 -
3.	ZATÍŽENÍ	- 3 -
4.	ZATĚŽOVACÍ STAVY	- 10 -
5.	KOMBINACE	- 10 -
6.	VNITŘNÍ SÍLY	- 11 -
7.	POUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI	- 12 -
7.1.	SLOUP SL1	- 12 -
7.2.	SLOUP SL2	- 19 -
7.3.	SLOUP SL3	- 25 -
7.4.	TRÁM T1	- 31 -
7.5.	TRÁM T2	- 33 -
7.6.	STŘEŠNÍ PROFIL I3	- 35 -
7.7.	PRŮVLAK PR1	- 37 -
7.8.	PRŮVLAK PR2	- 39 -
7.9.	PRŮVLAK PR3	- 41 -
7.10.	PRŮVLAK PR4	- 43 -
7.11.	STŘEŠNÍ PROFIL PR5	- 46 -
7.12.	VĚTROVÉ ZTUŽIDLO V1	- 48 -
7.13.	STŘEŠNÍ PROFIL L1 – DOLNÍ PÁS	- 50 -
7.14.	STŘEŠNÍ PROFIL L1 – HORNÍ PÁS	- 51 -
7.15.	STŘEŠNÍ PROFIL L2 – SVISLICE	- 53 -
7.16.	STŘEŠNÍ PROFIL L2 – DIAGONÁLA	- 55 -
8.	POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI	- 58 -
8.1.	SVISLÉ A VODOROVNÉ PRŮHYBY	- 58 -
9.	POSOUZENÍ SPOJŮ	- 62 -
9.1.	KOTVENÍ POMOCÍ PATKY DO KALICHU	- 62 -
9.2.	PŘIPOJENÍ VĚTROVÉHO ZTUŽIDLA	- 66 -
9.3.	PŘÍPOJ TRÁMU NA PRŮVLAK	- 67 -
9.4.	PŘÍPOJ DIAGONÁLY VE VAZNÍKU	- 69 -
9.5.	PŘÍPOJ VAZNÍKU NA SLOUPU	- 70 -

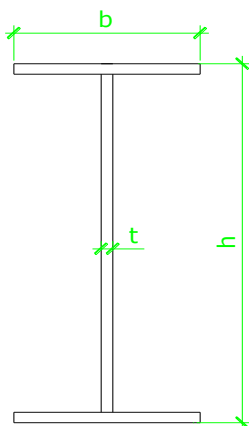
1. Konstrukční prvky

Založení objektu, jednotlivé prvky a zatížení byli zdokumentováni v fotodokumentaci.

U všech prvků haly byly zjištěny následující rozměry.

1.1 Rozměry prvků

Sloupy a průvlaky jsou svařovány z jednotlivých ocelových plátů. Pokud sloup prochází do 2.NP má délku 13,22 m, pokud prochází jen 1.NP tak 5,71 m. Průvlaky mají délku 9 m, 6,25 m a 6 m. Trámy jsou provedeny z válcovaných profilů.



Sloupy

Sloup - SL1	790 x 320 x 20 mm	7 kusů
Sloup - SL2	400 x 300 x 12 mm	33 kusů
Sloup - SL3	500 x 300 x 15 mm	34 kusů

Průvlaky

Průvlak - PR1	320 x 920 x 20 mm	24 kusů
Průvlak - PR2	300 x 400 x 12 mm	30 kusů
Průvlak - PR3	320 x 780 x 20 mm	6 kusy
Průvlak - PR4	320 x 1050 x 20 mm	4 kusy

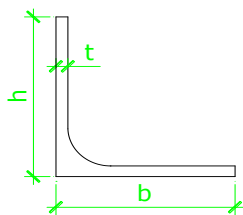
Trámy

Trám - I1	I340	225 kusů
Trám - I2	I450	64 kusů

Betonová deska

Beton C20/25

$h = 200 \text{ mm}$



Konstrukce střechy

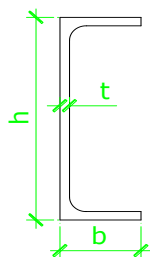
Příhradové vazníky:

Horní a Dolní pás - L1	2L 90 x 90 x 8 mm
Diagonály a svislice - L2	2L 60 x 60 x 6 mm

Střešní profil - I3	I160
Obvodový profil - PR5	U240

Ztužidla

Větrové ztužidlo - V1	L 60 x 60 x 6 mm
-----------------------	------------------



2. Výpočtový model

Pro vymodelování konstrukce byl použit program Scia Enginner. Konstrukce je řešena jako rám XYZ, hlavní nosné sloupy jsou vetknuty do základových patek a spoje jsou řešeny rámově nebo kloubově. Výpočtový model je přiložen v příloze.

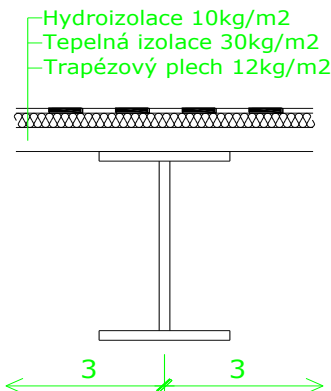
3. Zatížení

Počítáno v charakteristických hodnotách.

Pro výpočet vnitřních sil bude použit program Scia Engineer.

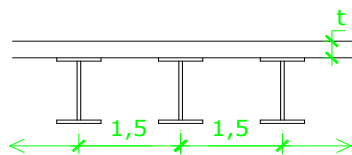
Stálé**Vlatní tíha konstrukce**

Vypočteno výpočtovým programem Scia Engineer.



Vzdálenost mezi střešními I profily je 6 m, pouze jedno pole je ve vzdálenosti 6,25 m.

Výpočet proveden pro 3 m, pro jedno pole - 3,125 m zohledněn v modelu.

**Ostatní stálé**

Střešní krytina:

Hydroizolace - $t = 20 \text{ mm}$

$$0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ KN/m}$$

Tepelná izolace - $t = 100 \text{ mm}$

$$0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ KN/m}$$

Trapézový plech - $t = 60 \text{ mm}$

$$0,12 \cdot 3 = 0,36 \text{ KN/m}$$

$$\Sigma 1,56 \text{ KN/m}$$

Opláštění:

Sendvičové panely - $t = 80 \text{ mm}$, $m = 13 \text{ kg/m}^2$

$$0,13 \cdot 3 = \underline{0,78 \text{ KN/m}}$$

Železobetonový strop:

Beton - $t = 200 \text{ mm}$, $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$

$$25 \cdot 0,2 \cdot 1,5 = \underline{7,5 \text{ KN/m}}$$

Výrobní technologie:

Poloha zatížení a jeho intenzita je určena dle podkladů od stroje.

Zatížení statické i dynamické bylo počítáno výrobcem.

U dynamického zatížení výrobce zohlednil otáčky stroje při jeho startu

Podrobněji znázorněné zatížení - výkresy půdorys s technologií a podklady od stroje.

Nahodilé**Užitné**

Zjištěné zatížení přesahuje zařazení do kategorií užitných zatížení.

Paleta s papírem - $660 \times 480 \text{ mm}$, 555 kg

Předpoklad, že palety s papírem se na sebe nepokládají z důvodu poškození.

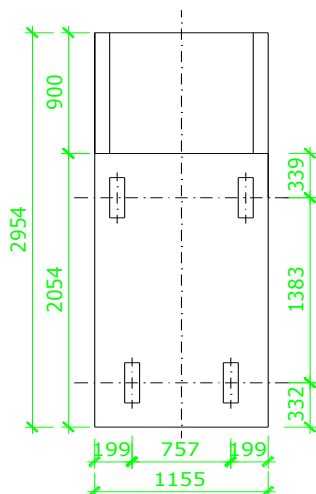
$$5,55 / (0,66 \cdot 0,48) = \underline{17,52 \text{ KN/m}^2}$$

Papírová role - průměr 740 mm , 635 kg

Zjištěny až tři role nad sebou.

$$3 \cdot 6,35 / \pi \cdot (0,74/2)^2 = \underline{44,42 \text{ KN/m}^2}$$

Zatěžovací šířka je stejná,
jako u střešní krytiny.



ϕ_{dyn} - dynamický součinitel
 $\phi_{dyn} = 1,4$
pro vzduchové pneumatiky

Rozměry kola 200 x 200 mm
Krytí výztuže 30 mm

Užitné na střeše

Kategorie střech - H

$$q_k = 0,4 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_k = 1,0 \text{ KN}$$

$$0,4 \cdot 3 = \underline{1,2 \text{ KN/m}}$$

Pojezdem vysokozvýžných vozíků

Typ vozíku - LINDE E 20 P

Rozměry převzaty z podkladů výrobce vysokozvýžných vozíků.

Vlastní tíha 3570 kg

Osové zatížení v předu - s břemenem 4740 kg

Osové zatížení v předu - bez břemene 1670 kg

Osové zatížení v zadu - s břemenem 830 kg

Osové zatížení v zadu - bez břemene 1900 kg

Nápravová síla Q_k :

v předu - s břemenem 47,4 KN

v předu - bez břemene 16,7 KN

v zadu - s břemenem 8,3 KN

v zadu - bez břemene 19,0 KN

Síla na jedno kolo:

přední - s břemenem $47,4/2 = 23,7 \text{ KN}$

přední - bez břemene $16,7/2 = 8,35 \text{ KN}$

zadní - s břemenem $8,3/2 = 4,15 \text{ KN}$

zadní - bez břemene $19,0/2 = 9,5 \text{ KN}$

$$Q_{k, dyn} = Q_k \cdot \phi_{dyn}$$

$$Q_{k, dyn} = 23,7 \cdot 1,4 = 33,18 \text{ KN} \quad \text{přední - s břemenem}$$

$$Q_{k, dyn} = 4,15 \cdot 1,4 = 5,81 \text{ KN} \quad \text{zadní - s břemenem}$$

$$Q_{k, dyn} = 8,35 \cdot 1,4 = 11,69 \text{ KN} \quad \text{přední - bez břemene}$$

$$Q_{k, dyn} = 9,5 \cdot 1,4 = 13,30 \text{ KN} \quad \text{zadní - bez břemene}$$

Roznos v betonové desce:

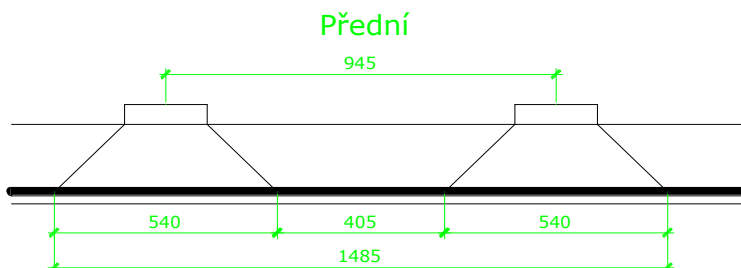
$$S \text{ břemenem přední} - 33,18/(0,54 \cdot 0,54) = \underline{113,79 \text{ KN/m}^2}$$

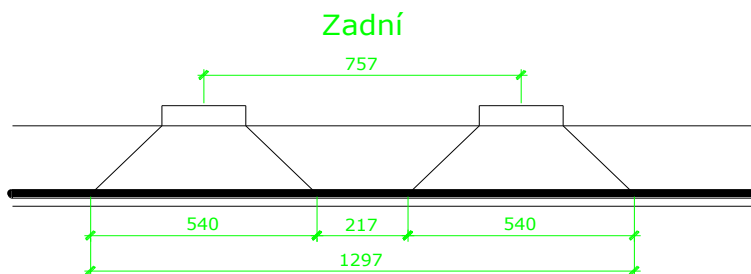
$$S \text{ břemenem zadní} - 5,81/(0,54 \cdot 0,54) = \underline{19,92 \text{ KN/m}^2}$$

$$\text{Bez břemene přední} - 11,69/(0,54 \cdot 0,54) = \underline{40,09 \text{ KN/m}^2}$$

$$\text{Bez břemene zadní} - 13,30/(0,54 \cdot 0,54) = \underline{45,61 \text{ KN/m}^2}$$

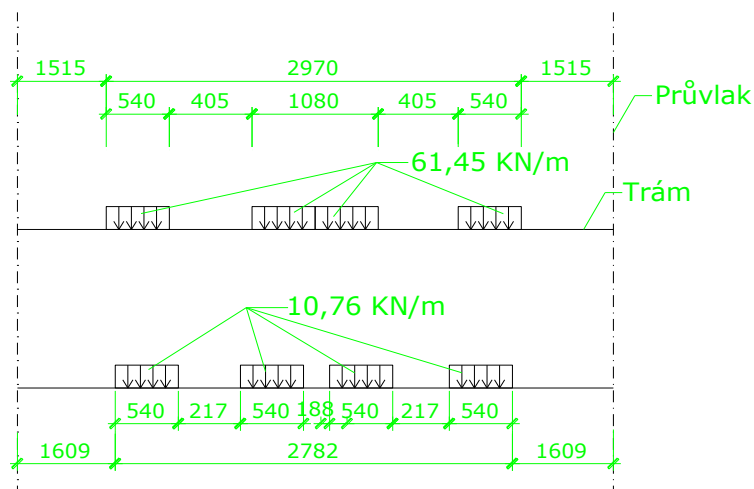
Grafické znázornění roznosu:





Garfické znázornění zatížení na trámy:

Nejvíce nepříznivá varianta je postavení dvou vysokozvižných vozíků vedle sebe.



Sníh

Zatěžovací šířka - 3 m

Sněhová oblast - IV

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,0 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

μ_i - tvarový součinitel zatížení sněhem

C_e - součinitel expozice

C_t - tepelný součinitel

S_k - charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$$\mu_i = 0,8$$

Sklon střechy - 3°

$C_e = 1,0$ - typ krajiny normální

$C_t = 1,0$

$S_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ - hodnota odečtena z mapy sněhových oblastí

$$S = 3,0 \cdot 1,6 = \underline{4,8 \text{ kN/m}}$$

Větrná oblast - III

Vítr na budovu

Základní rychlost větru:

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$$

 $V_{b,0}$ – výchozí základní rychlost větru C_{dir} – součinitel směru větru C_{season} – součinitel ročního období

Výška budovy 13,22 m

Střední rychlost větru:

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b = 0,815 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 22,41 \text{ m/s}$$

$$C_o(z) = 1,0$$

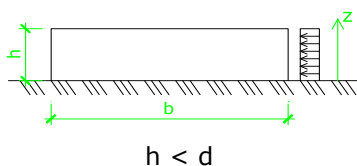
 $C_o(z)$ – součinitel orografie $C_r(z)$ – součinitel drsnosti větru

$$C_r(z) = K_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,215 \cdot \ln(13,22/0,3) = 0,815$$

 K_r – součinitel terénu Z_0 – parametr drsnosti terénu Z – výška budovy nad terénem

$$K_r = 0,19 \cdot (Z_0/Z_{0II})^{0,07} = 0,19 \cdot (0,3/0,05)^{0,07} = 0,215$$

Kategorie terénu II



Základní tlak větru:

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot V_b(z)^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 27,5^2 = 0,473 \text{ KN/m}^2$$

 ρ – měrná hmotnost vzduchu

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = C_e(z) \cdot q_b = 1,8 \cdot 0,473 = 0,815 \text{ KN/m}^2$$

 $C_e(z)$ – součinitel expozice

$$C_e(z) = 1,8$$

Tlak - $W_e = C_{pe} \cdot q_p(z)$ Sání - $W_i = C_{pi} \cdot q_p(z)$

Příčný směr větru:

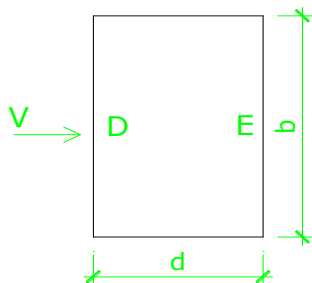
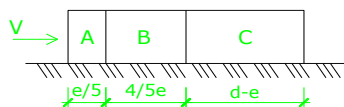
$$e = \min(2h, b) = \min(26,44; 54) = 26,44$$

$$d = 48,25 \text{ m}$$

$$e < d$$

 b – rozměr budovy kolmý na směr větru d – rozměr budovy rovnoběžný se směrem větru h – výška konstrukce

$$b = 54 \text{ m}$$



$$C_{piA} = -1,2$$

$$C_{piB} = -0,8$$

$$C_{piC} = -0,5$$

$$C_{peD} = 0,7$$

$$C_{piE} = -0,3$$

$$W_{iA} = 0,851 \cdot (-1,2) = -1,021 \text{ KN/m}^2$$

$$W_{iB} = 0,851 \cdot (-0,8) = -0,681 \text{ KN/m}^2$$

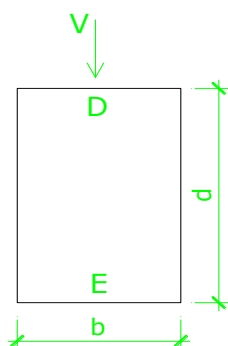
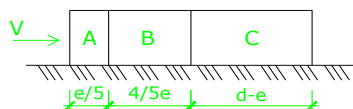
$$W_{iC} = 0,851 \cdot (-0,5) = -0,426 \text{ KN/m}^2$$

$$W_{eD} = 0,851 \cdot 0,7 = 0,596 \text{ KN/m}^2$$

$$W_{iE} = 0,851 \cdot (-0,3) = -0,255 \text{ KN/m}^2$$

Vzdálenost mezi sloupky je 6 m, pouze jedno pole sloupů je ve vzdálenosti 6,25 m.

Zohledněno ve výpočtovém modelu.



$$e/5 = 26,44/5 = 5,29 \text{ m}$$

$$4/5e = 4/5 \cdot 26,44 = 21,15 \text{ m}$$

$$d - e = 48,25 - 26,44 = 21,81 \text{ m}$$

$$W_e D_k = 6 \cdot 0,596 = \underline{3,576} \text{ KN/m}$$

$$W_i E_k = 6 \cdot (-0,255) = \underline{-1,530} \text{ KN/m}$$

$$W_i A_k = 3 \cdot (-1,021) = \underline{-3,063} \text{ KN/m}$$

$$W_i A'_k = 2,29 \cdot (-1,021) = \underline{-2,338} \text{ KN/m}$$

$$W_i B_k = 6 \cdot (-0,681) = \underline{-4,086} \text{ KN/m}$$

$$W_i B'_k = (6 - 2,29) \cdot (-0,681) = \underline{-2,527} \text{ KN/m}$$

$$W_i C_k = 6 \cdot (-0,426) = \underline{-2,556} \text{ KN/m}$$

Podélný směr větru:

$$e = \min(2h, b) = \min(26,44; 48,25) = 26,44$$

$$d = 54 \text{ m}$$

$$e < d$$

b - rozměr budovy kolmý na směr větru

d - rozměr budovy rovnoběžný se směrem větru

h - výška konstrukce

$$b = 48,25 \text{ m}$$

$$C_{pi} A = -1,2$$

$$C_{pi} B = -0,8$$

$$C_{pi} C = -0,5$$

$$C_{pe} D = 0,7$$

$$C_{pi} E = -0,3$$

$$W_i A = 0,851 \cdot (-1,2) = -1,021 \text{ KN/m}^2$$

$$W_i B = 0,851 \cdot (-0,8) = -0,681 \text{ KN/m}^2$$

$$W_i C = 0,851 \cdot (-0,5) = -0,426 \text{ KN/m}^2$$

$$W_e D = 0,851 \cdot 0,7 = 0,596 \text{ KN/m}^2$$

$$W_i E = 0,851 \cdot (-0,3) = -0,255 \text{ KN/m}^2$$

$$e/5 = 26,44/5 = 5,29 \text{ m}$$

$$4/5e = 4/5 \cdot 26,44 = 21,15 \text{ m}$$

$$d - e = 54 - 26,44 = 27,56 \text{ m}$$

$$W_e D_k = 6 \cdot 0,596 = \underline{3,576} \text{ KN/m}$$

$$W_i E_k = 6 \cdot (-0,255) = \underline{-1,530} \text{ KN/m}$$

$$W_i A_k = 3 \cdot (-1,021) = \underline{-3,063} \text{ KN/m}$$

$$W_i A'_k = 2,29 \cdot (-1,021) = \underline{-2,338} \text{ KN/m}$$

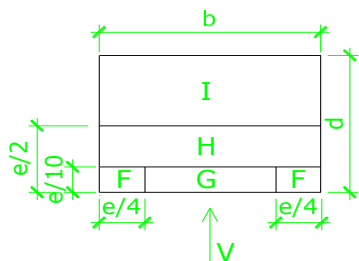
$$W_i B_k = 6 \cdot (-0,681) = \underline{-4,086} \text{ KN/m}$$

$$W_i B'_k = (6 - 2,29) \cdot (-0,681) = \underline{-2,527} \text{ KN/m}$$

$$W_i C_k = 6 \cdot (-0,426) = \underline{-2,556} \text{ KN/m}$$

Vítr na střechu

Příčný směr větru:



$$e = 26,44 \text{ m}$$

$$d = 48,25 \text{ m}$$

$$b = 54 \text{ m}$$

$$e/4 = 6,61 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,64 \text{ m}$$

$$e/2 = 13,22 \text{ m}$$

$$C_{pi}F = -1,8$$

$$C_{pi}G = -1,2$$

$$C_{pi}H = -0,7$$

$$C_{pe}I = +0,2$$

$$W_iF = 0,851 \cdot (-1,8) = -1,532 \text{ KN/m}^2$$

$$W_iG = 0,851 \cdot (-1,2) = -1,021 \text{ KN/m}^2$$

$$W_iH = 0,851 \cdot (-0,7) = -0,600 \text{ KN/m}^2$$

$$W_eI = 0,851 \cdot 0,2 = 0,170 \text{ KN/m}^2$$

$$W_iG_k = 1,5 \cdot (-1,021) = \underline{\underline{-1,532 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iF_k = 1,5 \cdot (-1,532) = \underline{\underline{-2,298 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iF'_k = (2,64 - 1,5) \cdot (-1,532) + (3 - 1,14) \cdot (-0,600) = \underline{\underline{-2,863 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iG'_k = (2,64 - 1,5) \cdot (-1,021) + (3 - 1,14) \cdot (-0,600) = \underline{\underline{-2,280 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iH_k = 3,0 \cdot (-0,600) = \underline{\underline{-1,800 \text{ KN/m}}}$$

$$W_eI_k = 3 \cdot 0,170 = \underline{\underline{0,510 \text{ KN/m}}}$$

$$W_eI'_k = 1,5 \cdot 0,170 = \underline{\underline{0,255 \text{ KN/m}}}$$

Podélný směr větru:

$$e = 26,44 \text{ m}$$

$$b = 48,25 \text{ m}$$

$$d = 54 \text{ m}$$

$$e/4 = 6,61 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,64 \text{ m}$$

$$e/2 = 13,22 \text{ m}$$

$$C_{pi}F = -1,8$$

$$C_{pi}G = -1,2$$

$$C_{pi}H = -0,7$$

$$C_{pe}I = +0,2$$

$$W_iF = 0,851 \cdot (-1,8) = -1,532 \text{ KN/m}^2$$

$$W_iG = 0,851 \cdot (-1,2) = -1,021 \text{ KN/m}^2$$

$$W_iH = 0,851 \cdot (-0,7) = -0,600 \text{ KN/m}^2$$

$$W_eI = 0,851 \cdot 0,2 = 0,170 \text{ KN/m}^2$$

$$W_iF_k = 1,5 \cdot (-1,532) = \underline{\underline{-2,298 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iF'_k = 3 \cdot (-1,532) = \underline{\underline{-4,598 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iF_{gk} = (6,61 - 4,5) \cdot (-1,532) + 0,89 \cdot (-1,021) = \underline{\underline{-4,141 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iH_k = 1,5 \cdot (-0,600) = \underline{\underline{-0,900 \text{ KN/m}}}$$

$$W_iH_k = 3,0 \cdot (-0,600) = \underline{\underline{-1,800 \text{ KN/m}}}$$

$$W_e I_k = 1,5 \cdot 0,170 = \underline{0,250 \text{ KN/m}}$$

$$W_e I'_k = 3,0 \cdot 0,170 = \underline{0,510 \text{ KN/m}}$$

$$\text{Šířka oblasti } H = 13,22 - 2,64 = 10,58 \text{ m}$$

4. Zatěžovací stavy

Zatěžovací stavy jsou přiloženy v příloze.

ZS1 - Vlastní tíha

ZS2a - Ostatní stálé

ZS2b - Ostatní stálé - betonový strop

ZS3 - Ostatní stálé - stroje a zařízení

ZS4 - Sníh

ZS5 - Vítr - podélně

ZS6 - Vítr - příčně

ZS7 - Užitné - střecha

ZS8 - Užitné - skladování materiálu

ZS8a - Užitné - skladování materiálu - šach I

ZS8b - Užitné - skladování materiálu - šach II

ZS9 - Užitné - pojezd vysokozdvížných vozíků

5. Kombinace

Ke kombinacím dochází dle vzorců uvedených v ČSN EN 1990 -
Zásady navrhování konstrukcí

Mezní stav únosnosti:

EN - MSÚ(STR/GEO) Sada B - Mezní stav únosnosti

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right.$$

$G_{k,j}$ - stálé zatížení

$Q_{k,i}$ - nahodilé zatížení

P - předpětí

$$\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$$

$$\gamma_{G,\text{inf}} = 1,00$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ pro nepříznivé (0 pro příznivé)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ pro nepříznivé (0 pro příznivé)}$$

$$\xi = 0,85 \text{ (takže } \xi \gamma_{G,\text{sup}} = 0,85 \times 1,35 \cong 1,15).$$

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení (*)	Vedlejší proměnná zatížení (*)	
	nepříznivá	příznivá	zatížení	nejúčinnější	ostatní
(Výraz 6.10a)	$\gamma_{G,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,j,inf}$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Výraz 6.10b)	$\xi \gamma_{G,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Tabulka A1.1 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro pozemní stavby

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy			
tíha vozidla ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy			
$30 \text{ kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3) ^{*)}			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1\,000$ m n.m.	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1\,000$ m n.m.	0,5	0,2	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (ne od požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
POZNÁMKA Hodnoty ψ mohou být stanoveny v národní příloze.			
^{*)} Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele ψ stanoví podle místních podmínek.			

Mezní stav použitelnosti:

Použita kvazistálá kombinace zatížení pro dlouhodobé účinky a vzhled konstrukce.

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + "P" + \sum_{i=1}^m \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$ - stálé zatížení

$Q_{k,i}$ - nahodilé zatížení

P - předpětí

Dílní součinitele γ_m vlastností materiálu mají být pro mezní stavy použitelnosti rovny 1, pokud není stanoveno jinak v EN 1992 až EN 1999.

6. Vnitřní síly

K výpočtu vnitřních sil byl použit program Scia Engineer.

Vnitřní síly jsou přiloženy v příloze.

7. Posouzení mezního stavu únosnosti:

Charakteristiky materiálu:

Ocel S355

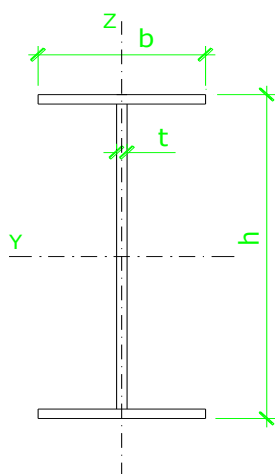
 f_y [Mpa] = 355 f_u [Mpa] = 490 E [Gpa] = 210

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{355}} = \varepsilon = 0,814$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,814 = \lambda_1 = 76,399$$

7.1 Sloup SL1

Posudek:

Vzpěr**Sloup v I.NP**

Návrhová síla:

Ned[KN] = 2190,40

Přut:

B1261

Charakteristiky profilu: I - profil

 b [mm] = 320 h [mm] = 790 t [mm] = 20 A [m²] = 0,0278 I_y [m⁴] = 0,00260 I_z [m⁴] = 0,00011 $W_{el,min}$ [m³] = 0,00658

Třída průřezu: 3

Výroba: svařovaný

Křivka vzpěrné pevnosti:

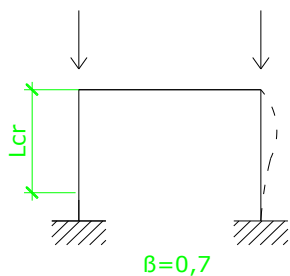
vzpěr y-y $b \rightarrow a = 0,34$ vzpěr z-z $c \rightarrow a = 0,49$ a - součinitel imperfekce

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,00260}{0,0278}} = i_y = 0,306 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{0,00011}{0,0278}} = i_z = 0,063 \text{ m}$$



L - délka sloupu v I. patře

Vzpěrná délka sloupu rámu:

$$L_{cr_n} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 0,7 \cdot 5,710 = \quad L_{cr_y} = 3,997 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 0,7 \cdot 5,710 = \quad L_{cr_z} = 3,997 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{3,997}{0,306} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_y = 0,171$$

$$\lambda_z = \frac{3,997}{0,063} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_z = 0,833$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,171 - 0,2) + 0,171^2] = \quad \phi_y = 0,510$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,833 - 0,2) + 0,833^2] = \quad \phi_z = 1,002$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{0,510 + \sqrt{0,510^2 - 0,171^2}} = \quad \chi_y = 1,010 \quad \chi_y \leq 1,00$$

$$\chi = \frac{1}{1,002 + \sqrt{1,002^2 - 0,833^2}} = \quad \chi_z = 0,642$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,642 \cdot 27800 \cdot 10^6 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = \quad N_{b,Rd} = 6332,11 \text{ KN}$$

 γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00 f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2190,40}{6332,11} \leq 1,0$$

$$0,346 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

34,59 %

Posudek:

Ohyb**Sloup v I.NP**

Návrhová síla:

Med[KNm] 447,80

Prut:

B1267

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{6,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 2337,46 \text{ KNm}$$

 γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{cb,Rd}} \leq 1,0$$

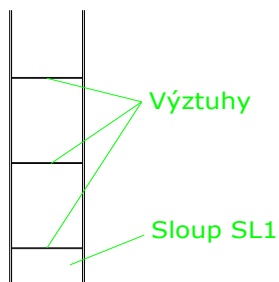
$$\frac{447,80}{2337,46} \leq 1,0$$

$$0,192 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

19,16 %



Posudek:

Klopení

Sloup je zajištěn proti klopení výztuhami.

Předpoklad, že obě maximální vnitřní síly vzniknou na stejném prvku.

Moment ve směru osy z je zanedbán, hodnoty jsou příliš malé.

Posudek:

Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu

Návrhová síla:

Ned[KN] = 2190,40

Prut: B1267

Návrhová síla:

Med[KNm] 447,80

Výpočet součinitele interakce:

Ukázkový výpočet proveden pro sloup SL1

Součinitel bude použit i u sloupu SL2 a SL3

$$K_{yy} = C_{my} \cdot C_{mLT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cry}}}$$



$$x = 0,43$$

N_{cry} - pružná kritická síla pro rovinný vzpěr y-y

$$N_{cry} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cry}^2}$$

$$N_{cry} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,0026}{3,997^2} = N_{cry} = 337409,8 \text{ KN}$$

$$C_{my} = 0,79 + 0,21 \cdot x + 0,36 \cdot (x - 0,33) \cdot (N_{ed}/N_{cry})$$

$$C_{my} = 0,79 + 0,21 \cdot 0,43 + 0,36 \cdot (0,43 - 0,33) \cdot (2190,40/337409,81) =$$

$$C_{my} = 0,881$$

$$C_{mLT} = 1,00$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cry}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{ed}}{N_{cry}}}$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{2190,40}{337409,81}}{1 - 1 \cdot \frac{2190,40}{337409,81}} = \mu_y = 1,00$$

$$K_{yy} = 0,881 \cdot 1,00 \cdot \frac{1,00}{1 - \frac{2190,40}{337409,81}} = K_{yy} = 0,886$$

Podmínka únosnosti:

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + K_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{2190,40}{0,642 \cdot 0,0278 \cdot 355 \cdot 10^6}}{1,00} + 0,886 \cdot \frac{\frac{447,80}{6,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}}{1,00} \leq 1$$

$$0,516 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 51,57 %

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{3997}{306} =$$

$$\lambda_y = 13,068$$

$$\lambda_z = \frac{3997}{63} =$$

$$\lambda_z = 63,620$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200$$

vyhoví

Posudek:

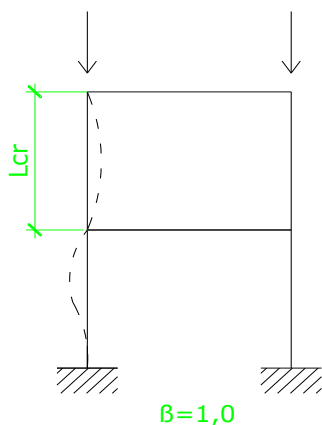
Vzpěr**Sloup ve II.NP**

Návrhová síla:

$$N_{ed} [KN] = 353,90$$

Přut:

B1261

 β - v rovině rámu = 2,0 β - z roviny rámu = 1,0

Vzpěrná délka:

$$L_{cr_n} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 2,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cr_y} = 15,020 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 1,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cr_z} = 7,510 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{15,020}{0,306} \cdot \frac{1}{76,399} =$$

$$\lambda_y = 0,643$$

$$\lambda_z = \frac{7,510}{0,063} \cdot \frac{1}{76,399} =$$

$$\lambda_z = 1,565$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,643 - 0,2) + 0,643^2] =$$

$$\phi_y = 0,782$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,565 - 0,2) + 1,565^2] =$$

$$\phi_z = 2,058$$

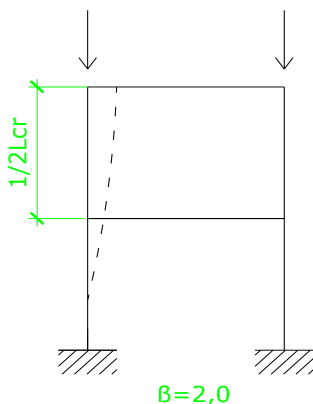
$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{0,782 + \sqrt{0,782^2 - 0,643^2}} =$$

$$\chi_y = 0,815$$

$$\chi = \frac{1}{2,058 + \sqrt{2,058^2 - 1,565^2}} =$$

$$\chi_z = 0,294$$



Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,294 \cdot 27800 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 2906,18 \text{ KN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{353,90}{2906,18} \leq 1,0 \quad 0,122 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 12,18 %

Posudek:

Ohyb**Sloup ve II.NP**

Návrhová síla: Med[KNm] 308,60

Prut: B1267

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{6,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 2337,46 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{cb,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{308,60}{2337,46} \leq 1,0 \quad 0,132 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 13,20 %

Posudek:

Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu

Návrhová síla:

Ned[KN] = 353,90

Návrhová síla:

Med[KNm] 308,60

Výpočet součinitele interakce:

Ukázkový výpočet proveden pro sloup SL1

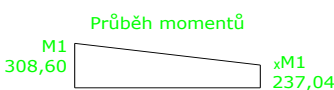
Součinitel bude použit i u sloupu SL2 a SL3

$$K_{yy} = C_{my} \cdot C_{mLT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cry}}}$$

N_{cry} - pružná kritická síla pro rovinný vzpěr y-y

$$N_{cry} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cry}^2}$$

$$N_{cry} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,0026}{7,510^2} = N_{cry} = 23893,85 \text{ KN}$$



$$x = 0,77$$

$$C_{my} = 0,79 + 0,21 \cdot x + 0,36 \cdot (x - 0,33) \cdot (N_{ed}/N_{cry})$$

$$C_{my} = 0,79 + 0,21 \cdot 0,77 + 0,36 \cdot (0,77 - 0,33) \cdot (353,90/23893,85) =$$

$$C_{my} = 0,954$$

$$C_{mLT} = 1,00$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cry}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{ed}}{N_{cry}}}$$

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{353,90}{23893,85}}{1 - 0,956 \cdot \frac{353,90}{23893,85}} = \mu_y = 0,997$$

$$K_{yy} = 0,952 \cdot 1,00 \cdot \frac{1,000}{1 - \frac{353,90}{23893,85}} = K_{yy} = 0,966$$

Podmínka únosnosti:

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + K_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{353,90}{0,294 \cdot 0,0278 \cdot 355 \cdot 10^6} + 0,956 \cdot \frac{308,60}{6,58 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$\frac{\quad}{1,00} \quad \frac{\quad}{1,00}$$

$$0,249 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 24,93 %

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{15020}{306} =$$

$$\lambda_y = 49,11$$

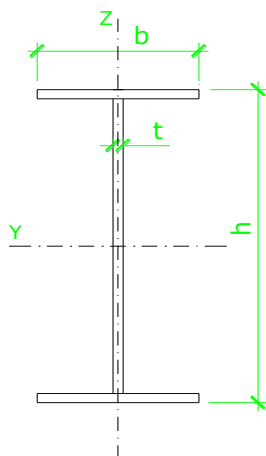
$$\lambda_z = \frac{7510}{63} =$$

$$\lambda_z = 119,54$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200$$

vyhoví

**7.2 Sloup SL2**

Posudek:

Vzpěr**Sloup v I.NP**

Návrhová síla:

$$N_{ed}[KN] = 4722,65$$

Prut:

B19

Charakteristiky profilu: I - profil

$$b [mm] = 300$$

$$h [mm] = 400$$

$$t [mm] = 12$$

$$A_{eff} [m^2] = 0,01146$$

$$I_y [m^4] = 3,2422 \cdot 10^{-4}$$

$$I_z [m^4] = 5,4054 \cdot 10^{-5}$$

$$W_{el,min} [m^3] = 0,00162$$

Třída průřezu: 4

Výroba: svařovaný

Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\text{vzpěr } y-y \quad b \rightarrow a = 0,34$$

$$\text{vzpěr } z-z \quad c \rightarrow a = 0,49$$

a - součinitel imperfekce

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A_{eff}}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,000324}{0,01146}} = i_y = 0,168 \text{ m}$$

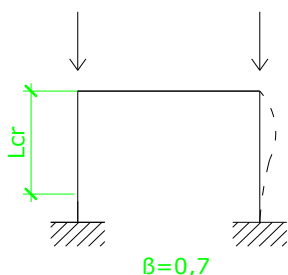
$$i_z = \sqrt{\frac{0,000054}{0,01146}} = i_z = 0,069 \text{ m}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr_n} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 0,7 \cdot 5,710 = L_{cr_y} = 3,997 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 0,7 \cdot 5,710 = L_{cr_z} = 3,997 \text{ m}$$



Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{3,997}{0,168} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_y = 0,311$$

$$\lambda_z = \frac{3,997}{0,069} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_z = 0,762$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,311 - 0,2) + 0,311^2] = \phi_y = 0,567$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,762 - 0,2) + 0,762^2] = \phi_z = 0,928$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{0,567 + \sqrt{0,567^2 - 0,311^2}} = \chi_y = 0,960$$

$$\chi = \frac{1}{0,928 + \sqrt{0,928^2 - 0,762^2}} = \chi_z = 0,686$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,686 \cdot 11460 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 2791,49 \text{ kN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00
 f_y - mez kluzu oceli
 A_{eff} - efektivní plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{4722,65}{2791,49} \leq 1,0 \quad 1,692 \leq 1,00$$

nevyhoví

Využití průřezu je: 169,18 %

Posudek: **Ohyb**
 Návrhová síla: Med[KNm] 343,80
 Prut: B19

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{ff,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{0,00162 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 575,49 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

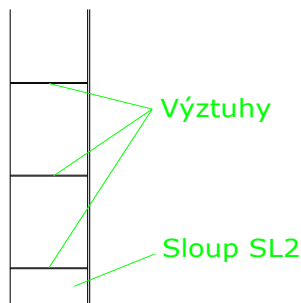
Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{343,80}{575,49} \leq 1,0 \quad 0,597 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 59,74 %



Posudek: **Klopení**
 Sloup je zajištěn proti klopení výztuhami.

Posudek: **Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu**
 Návrhová síla: Ned[KN] = 4722,65 Prut: B19
 Návrhová síla: Med[KNm] 343,80

Moment ve směru osy z je zanedbán, hodnoty jsou příliš malé.

Podmínka únosnosti:

$$\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_y} + K_{yy} \cdot \frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1$$

$$\frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}}$$

$$\frac{472265}{0,686 \cdot 0,01146355 \cdot 10^6} + 0,886 \cdot \frac{34380}{1,62 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$\frac{1,00}{1,00}$$

$$2,096 \leq 1,00$$

nevyhoví

Využití průřezu je:

$$209,63 \%$$

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{3997}{168} =$$

$$\lambda_y = 23,76$$

$$\lambda_z = \frac{3997}{69} =$$

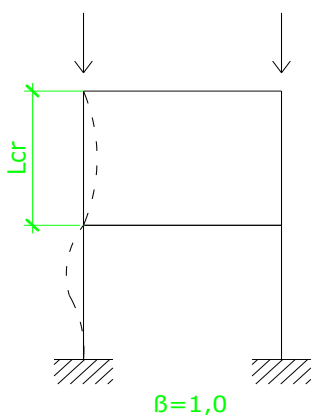
$$\lambda_z = 58,20$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200$$

vyhoví

Sloup SL2 je v konstrukci otočen o 90°



Posudek:

Návrhová síla:

Prut:

Vzpěr

Ned[KN] = 421,91

B1275

Sloup ve II.NP

Vzpěrná délka:

$$L_{cr_n} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 1,0 \cdot 7,510 =$$

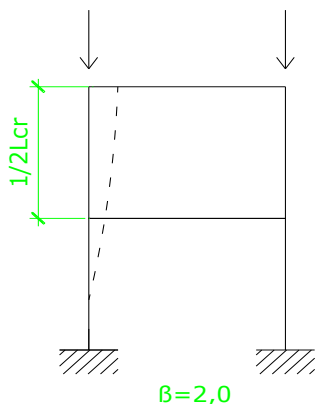
$$L_{cr_y} = 7,510 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 2,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cr_z} = 15,020 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$



$$\lambda_y = \frac{7,510}{0,168} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_y = 0,584$$

$$\lambda_z = \frac{15,020}{0,069} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_z = 2,863$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,584 - 0,2) + 0,584^2] =$$

$$\phi_y = 0,671$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (2,863 - 0,2) + 2,863^2] =$$

$$\phi_z = 4,597$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{0,671 + \sqrt{0,671^2 - 0,584^2}} = \chi_y = 1,000$$

$$\chi = \frac{1}{4,597 + \sqrt{4,597^2 - 2,863^2}} = \chi_z = 0,122$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,122 \cdot 0,01146 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 496,46 \text{ KN}$$

 γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu

1,00

 f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{421,91}{496,46} \leq 1,0$$

$$0,850 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

$$84,98 \%$$

Posudek: **Ohyb** **Sloup ve II.NP**
 Návrhová síla: Med[KNm] 147,87
 Prut: B1274

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{ff,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{0,00162 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 575,49 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{cb,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{147,87}{575,49} \leq 1,0 \quad 0,257 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 25,69 %

Předpoklad, že obě maximální vnitřní síly vzniknou na stejném prvku.

Posudek: **Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu**
 Návrhová síla: Ned[KN] = 421,91
 Návrhová síla: Med[KNm] 147,87

Podmínka únosnosti:

$$\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y} + K_{yy} \cdot \frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1$$

$$\frac{421,91}{0,488 \cdot 0,01146355 \cdot 10^6} + 0,956 \cdot \frac{147,87}{1,62 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$1,095 \leq 1,00 \quad \text{nevyhoví}$$

Využití průřezu je: 109,55 %

Ověření: **Štíhlosti**

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{7510}{168} =$$

$$\lambda_y = 44,65$$

$$\lambda_z = \frac{15020}{69} =$$

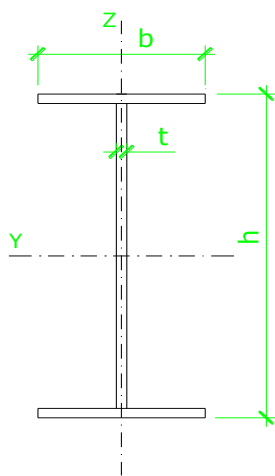
$$\lambda_z = 218,70$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200$$

nevyhoví

7.3 Sloup SL3



Posudek:

Vzpěr**Sloup v I.NP**

Návrhová síla:

Ned[KN] = 2043,70

Prut:

B1284

Charakteristiky profilu:

I - profil

b [mm] = 300

h [mm] = 500

t [mm] = 15

A [m²] = 0,01605I_y [m⁴] = 6,590 · 10⁻⁴I_z [m⁴] = 6,760 · 10⁻⁵W_{el,min} [m³] = 0,00264

Třída průřezu: 3

Výroba: svařovaný

Křivka vzpěrné pevnosti:

vzpěr y-y b → a = 0,34

vzpěr z-z c → a = 0,49

a - součinitel imperfekce

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,00066}{0,0161}} =$$

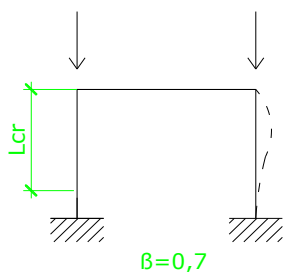
$$i_y = 0,203 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{0,00007}{0,0161}} =$$

$$i_z = 0,065 \text{ m}$$

Vzpěrná délka:

Lcr_n = β · LLcr_y = 0,7 · 5,710 =Lcr_y = 3,997 mLcr_z = 0,7 · 5,710 =Lcr_z = 3,997 m



L - délka sloupu v I. patře

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{3,997}{0,203} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_y = 0,258$$

$$\lambda_z = \frac{3,997}{0,065} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_z = 0,806$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,258 - 0,2) + 0,258^2] = \phi_y = 0,543$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,806 - 0,2) + 0,806^2] = \phi_z = 0,973$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,543 + \sqrt{0,543^2 - 0,258^2}} = \chi_y = 0,979$$

$$\chi_z = \frac{1}{0,973 + \sqrt{0,973^2 - 0,806^2}} = \chi_z = 0,658$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,658 \cdot 16050 \cdot 10^6 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 3750,81 \text{ KN}$$

 γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00 f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2043,70}{3750,81} \leq 1,0 \quad 0,545 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 54,49 %

Posudek: **Ohyb** **Sloup v I.NP**
 Návrhová síla: Med[KNm] 624,56
 Prut: B1300

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{0,00264 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 936,06 \text{ KNm}$$

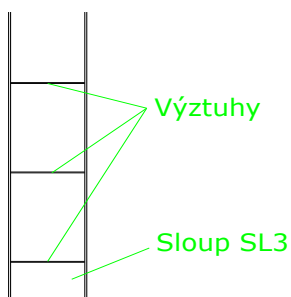
γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{cb,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{624,56}{936,06} \leq 1,0 \quad 0,667 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 66,72 %



Posudek: **Klopení**
 Sloup je zajištěn proti klopení výztuhami.

Posudek: **Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu**
 Návrhová síla: Ned[KN] = 2043,70 Prut: B1284
 Návrhová síla: Med[KNm] 624,56

Podmínka únosnosti:

$$\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y} + K_{yy} \cdot \frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1$$

$$\frac{204370}{0,658 \cdot 0,0161 \cdot 355 \cdot 10^6} + 0,886 \cdot \frac{62456}{2,64 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$1,136 \leq 1,00 \quad \text{nevyhoví}$$

Využití průřezu je: 113,60 %

Předpoklad, že obě maximální vnitřní síly vzniknou na stejném prvku. Moment ve směru osy z je zanedbán, hodnoty jsou příliš malé.

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{3997}{203} =$$

$$\lambda_y = 19,73$$

$$\lambda_z = \frac{3997}{65} =$$

$$\lambda_z = 61,59$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200$$

vyhoví

Posudek:

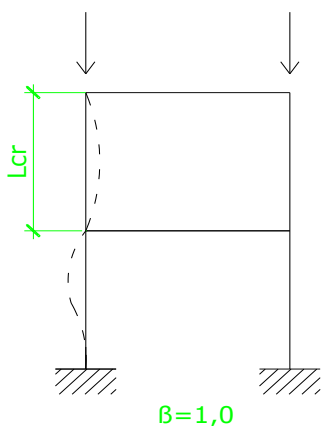
Návrhová síla:

Prut:

Vzpěr

Ned[KN] = 189,89

B1286

Sloup ve II. patře

Vzpěrná délka:

$$L_{crn} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 2,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cr_y} = 15,020 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 1,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cr_z} = 7,510 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

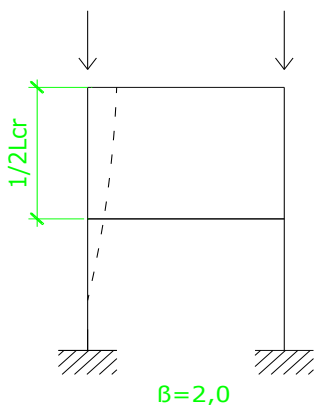
$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{15,020}{0,203} \cdot \frac{1}{76,399} =$$

$$\lambda_y = 0,970$$

$$\lambda_z = \frac{7,510}{0,065} \cdot \frac{1}{76,399} =$$

$$\lambda_z = 1,515$$



Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,970 - 0,2) + 0,970^2] =$$

$$\phi_y = 1,102$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,515 - 0,2) + 1,515^2] =$$

$$\phi_z = 1,969$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{1,102 + \sqrt{1,102^2 - 0,970^2}} =$$

$$\chi_y = 0,616$$

$$\chi = \frac{1}{1,969 + \sqrt{1,969^2 - 1,515^2}} =$$

$$\chi_z = 0,310$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,310 \cdot 27800 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 1765,32 \text{ KN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{189,89}{1765,32} \leq 1,0 \quad 0,108 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 10,76 %

Posudek:

Ohyb**Sloup ve II. patře**

Návrhová síla: Med[KNm] 551,35

Prut: B1300

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{0,00264 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 936,06 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{cb,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{551,35}{936,06} \leq 1,0 \quad 0,589 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 58,90 %

Předpoklad, že obě
maximální vnitřní
síly vzniknou
na stejném prvku.
Moment ve směru osy z je
zanedbán, hodnoty jsou
příliš malé.

Posudek:

Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu

Návrhová síla:

Ned[KN] = 189,89

Návrhová síla:

Med[KNm] 551,35

Podmínka únosnosti:

$$\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y} + K_{yy} \cdot \frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1$$

$$\gamma_{M1} \quad \gamma_{M1}$$

$$\frac{187,80}{0,310 \cdot 0,0161 \cdot 355 \cdot 10^6} + 0,966 \cdot \frac{551,35}{2,64 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$1,00 \quad 1,00$$

0,692 ≤ 1,00
vyhoví

Využití průřezu je:

69,18 %

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{15020}{203} =$$

$$\lambda_y = 74,13$$

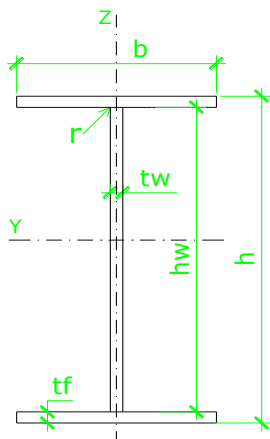
$$\lambda_z = \frac{7510}{65} =$$

$$\lambda_z = 115,72$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200$$

vyhoví

7.4 Trám I1

Posudek:

Ohyb

Návrhová síla:

Med[KN] = 450,49

Prut:

B1220

b [mm]= 137

h [mm]= 340

 t_w [mm]= 12 t_f [mm]= 18

r [mm]= 12

 h_w [mm]= 304A [mm²]= 8670 W_{ply} [mm³]= 1080000

Třída průřezu: 1

Výroba: válcovaný

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{1,08 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 383,40 \text{ KNm}$$

 γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{450,49}{383,40} \leq 1,0$$

$$1,175 \leq 1,00$$

nevyhoví

Využití průřezu je:

117,50 %

Posudek:

Smyk

Návrhová síla:

Ved[KN] = 370,66

Prut:

B1220

Smyková plocha:

Pro válcování I průřezu, zatížené rovnoběžně se stojinou.

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r) \cdot t_f$$

$$A_v = 8670 - 2 \cdot 137 \cdot 18 + (12 + 24) \cdot 18 = A_v = 4386 \text{ mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\eta \cdot h_w \cdot t_w = 1,00 \cdot 304 \cdot 12 = 3648 \text{ mm}^2$$

$$4386 > 3648$$

vyhoví

t_w - tloušťka stojiny

t_f - tloušťka pásnice

r - poloměr zaoblení

h_w - výška stojiny

$$\eta = 1,00$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{4386 (355 / \sqrt{3})}{1,00} = V_{pl,Rd} = 898,95 \text{ KN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{370,66}{898,95} \leq 1,0 \quad 0,412 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 41,23 %

Posudek: **Klopení**
Klopení nosníku brání betonový strop.

Posudek: **Kombinace ohybu a smyku**

Návrhová síla: M_{ed} [KNm] 450,49

Návrhová síla: V_{ed} [KN] = 370,66

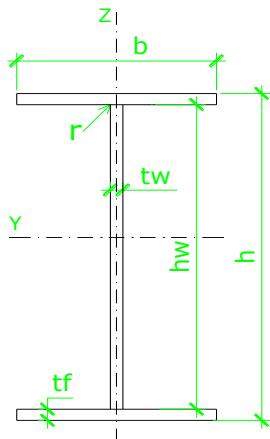
$V_{pl,Rd}$ [KNm] = 898,95

Jestliže smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti, je možné její účinek v ohybu zanedbat.

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5$$

$$\frac{370,66}{898,95} \leq 0,5 \quad 0,412 \leq 0,50$$

vyhoví

7.5 Trám I2

Posudek: **Ohyb**
 Návrhová síla: $M_{ed} [KN] = 423,86$
 Prut: B444

Charakteristiky profilu: I - profil
 $b [mm] = 170$
 $h [mm] = 450$
 $t_w [mm] = 16$
 $t_f [mm] = 24$
 $r [mm] = 16$
 $h_w [mm] = 402$
 $A [mm^2] = 14700$
 $W_{ply} [mm^3] = 2400000$
 Třída průřezu: 1
 Výroba: válcovaný

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{2,40 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 852,00 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{423,86}{852,40} \leq 1,0 \quad 0,497 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 49,75 %

Posudek: **Smyk**
 Návrhová síla: $V_{ed} [KN] = 378,11$
 Prut: B1133

Smyková plocha:
 Pro válcování I průřezu, zatížené rovnoběžně se stojinou.

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r) \cdot t_f$$

$$A_v = 14700 - 2 \cdot 170 \cdot 24 + (16 + 32) \cdot 24 = A_v = 7692 \text{ mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\eta \cdot h_w \cdot t_w = 1,00 \cdot 402 \cdot 16 = 6432 \text{ mm}^2$$

$$7692 > 6432$$

vyhoví

t_w - tloušťka stojiny

t_f - tloušťka pásnice

r - poloměr zaoblení

h_w - výška stojiny

$$\eta = 1,00$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{7692 (355 / \sqrt{3})}{1,00} = 1576,55 \text{ KN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{378,11}{1576,55} \leq 1,0$$

0,240 ≤ 1,00
vyhoví

Využití průřezu je: 23,98 %

Posudek:

Klopení

Klopení nosníku brání betonový strop.

Posudek:

Kombinace ohybu a smyku

Návrhová síla: Med[KNm] 360,51 Prut: B1133

Návrhová síla: Ved[KN] = 378,11

$V_{pl,Rd}$ [KNm] = 1576,55

Jestliže smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti, je možné její účinek v ohybu zanedbat.

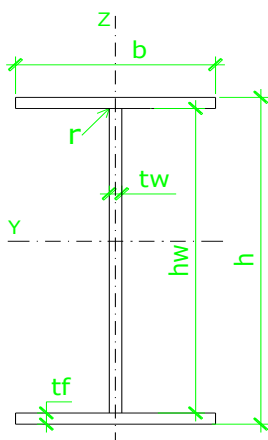
$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5$$

$$\frac{378,11}{1576,55} \leq 0,5$$

$$0,240 \leq 0,50$$

vyhoví

7.6 Strěšní profil I3



Posudek:

Ohyb

Návrhová síla:

Med[KN] = 37,18

Přut:

B1116

Charakteristiky profilu: I - profil

b [mm]= 66

h [mm]= 140

t_w [mm]= 9t_f [mm]= 6

r [mm]= 6

h_w [mm]= 122A [mm²]= 1820W_{pl} [mm³]= 136000

Třída průřezu: 1

Výroba: válcovaný

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{136000 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 48,28 \text{ KNm}$$

Y_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{37,18}{48,28} \leq 1,0$$

$$0,770 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

77,01 %

Posudek:

Smyk

Návrhová síla:

Ved[KN] = 35,27

Přut:

B1243

Smyková plocha:

Pro válcování I průřezu, zatížené rovnoběžně se stojinou.

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + r) \cdot t_f$$

$$A_v = 1820 - 2 \cdot 66 \cdot 6 + (9 + 12) \cdot 6 = A_v = 1154 \quad \text{mm}^2$$

$$A_v > \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$\eta \cdot h_w \cdot t_w = 1,00 \cdot 122 \cdot 9 = 1098 \text{ mm}^2$$

$$1154 > 1098$$

vyhoví

t_w - tloušťka stojiny

t_f - tloušťka pásnice

r - poloměr zaoblení

h_w - výška stojiny

$$\eta = 1,00$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{1154 (355 / \sqrt{3})}{1,00} = V_{pl,Rd} = 236,52 \text{ KN}$$

$$\gamma_{M0} - \text{dílčí součinitel materiálu} \quad 1,00$$

f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{35,27}{236,52} \leq 1,0 \quad 0,149 \leq 1,00$$

vyhoví

Předpoklad, že obě
maximální vnitřní
síly vzniknou
na stejném prvku.

$$\text{Využití průřezu je:} \quad 14,91 \quad \%$$

Posudek: **Klopení**
Klopení nosníku brání střešní plášť.

Posudek: **Kombinace ohybu a smyku**
Návrhová síla: $M_{ed}[\text{KNm}] = 37,10$ Prut: B1243
Návrhová síla: $V_{ed}[\text{KN}] = 35,27$
 $V_{pl,Rd}[\text{KNm}] = 236,52$

Jestliže smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti, je možné její účinek v ohybu zanedbat.

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5$$

$$\frac{35,27}{236,52} \leq 0,5$$

$$0,149 \leq 0,50$$

vyhoví

7.7 Průvlak PR1

Posudek:

Ohyb

Návrhová síla:

Med[KN] = 3387,25

Prut:

B113

Charakteristiky profilu: I - profil

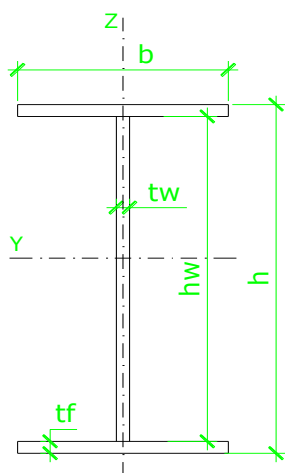
b [mm]= 320

h [mm]= 920

t_w [mm]= 20t_f [mm]= 20h_w [mm]= 880A [mm²]= 30400W_{ply} [mm³]= 9632000

Třída průřezu: 2

Výroba: svařovaný



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{9,632 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 3419,36 \text{ KNm}$$

Y_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3387,25}{3419,36} \leq 1,0$$

$$0,991 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

99,06 %

Posudek: **Smyk**
 Návrhová síla: $V_{ed}[\text{KN}] = 2001,19$
 Prut: B113

Smyková plocha:
 Pro svařované I průřezy, zatížené rovnoběžně se stojinou.

$$A_v = \eta \Sigma(h_w \cdot t_w)$$

$$A_v = 1,00 \Sigma(880 \cdot 20) = A_v = 17600 \text{ mm}^2$$

t_w - tloušťka stojiny

h_w - výška stojiny

$$\eta = 1,00$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{17600(355/\sqrt{3})}{1,00} = V_{pl,Rd} = 3607,28 \text{ KN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2001,19}{3607,28} \leq 1,0 \quad 0,555 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 55,48 %

Posudek: **Klopení**
 Klopení nosníku brání betonový strop.

Posudek: **Kombinace ohybu a smyku**
 Návrhová síla: $M_{ed}[\text{KNm}] = 3387,25$
 Návrhová síla: $V_{ed}[\text{KN}] = 2000,13$ Prut: B113
 $V_{pl,Rd}[\text{KNm}] = 3607,28$

Redukovaná mez kluzu:

$$\delta = \left(\frac{2 \cdot V_{ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

$$\delta = \left(\frac{2 \cdot 2001,19}{3607,28} - 1 \right)^2 = \delta = 0,012$$

$$(1 - \delta) f_y$$

$$(1 - 0,012) \cdot 355 = 350,787 \text{ Mpa}$$

Redukovaná únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{9,632 \cdot 10^{-3} \cdot 35074 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 3378,78 \text{ KNm}$$

 γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

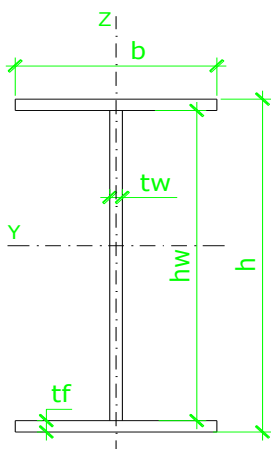
Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3387,25}{3378,34} \leq 1,0 \quad 1,003 \leq 1,00$$

nevyhoví

Využití průřezu je: 100,25 %

7.8 Průvlak PR2

Posudek:

Ohyb

Návrhová síla:

Med[KN] = 1495,04

Prut:

B108

Charakteristiky profilu: I - profil

b [mm] = 300

h [mm] = 400

 t_w [mm] = 12 t_f [mm] = 12 h_w [mm] = 376A [mm²] = 11712 $W_{eff,min}$ [mm³] = 1621100

Třída průřezu: 4

Výroba: svařovaný

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{1,6211 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 575,49 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1495,04}{575,49} \leq 1,0 \quad 2,60 \leq 1,00 \quad \text{nevyhoví}$$

Využití průřezu je: 259,79 %

Posudek:

Smyk

Návrhová síla:

Ved[KN] = 1198,31

Prut:

B108

Plocha stojiny:

$$A_w = h_w \cdot t_w$$

$$A_w = 376 \cdot 12 = A_w = 4512 \text{ mm}^2$$

t_w - tloušťka stojiny

h_w - výška stojiny

$$A_f - \text{plocha jedné pásnice} \quad A_f = 3600 \text{ mm}^2$$

$$A_f / A_w \geq 0,6$$

$$3600 / 4512 = 0,80 \quad 0,80 \geq 0,60 \quad \text{vyhoví}$$

Smykové napětí ve stojině:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{1198,31 \cdot 10^3}{4512 \cdot 10^{-6}} = \tau_{Ed} = 265,58 \text{ Mpa}$$

Posouzení návrhové pružné únosnost ve smyku:

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} \leq 1,0$$

$$\frac{265,58}{355 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} \leq 1,0 \quad 1,296 \leq 1,00$$

nevyhoví

Využití průřezu je: 129,58 %

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

Smyková únosnost stojiny bez mezilehlých výztuh při boulení, se musí posoudit ještě:

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{376}{12} > 72 \frac{0,814}{1,00} \quad 31,33 > 58,61$$

nevyhoví

Nemusíme posuzovat smykovou únosnost stojiny bez mezilehlých výztuh při boulení.

Posudek: **Klopení**
Klopení nosníku brání betonový strop.

7.9 Průvlak PR3

Posudek: **Ohyb**
Návrhová síla: $M_{ed} [KN] = 1539,61$
Prut: B82

Charakteristiky profilu: I - profil

$b [mm] = 320$

$h [mm] = 780$

$t_w [mm] = 20$

$t_f [mm] = 20$

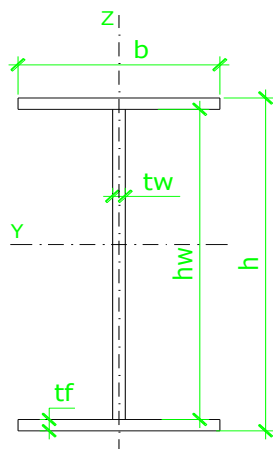
$h_w [mm] = 740$

$A [mm^2] = 27600$

$W_{ply} [mm^3] = 7602000$

Třída průřezu: 2

Výroba: svařovaný



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{7,602 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 2698,71 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1539,61}{2698,71} \leq 1,0 \quad 0,57 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 57,05 %

Posudek:

Smyk

Návrhová síla:

Ved[KN] = 1364,41

Prut:

B82

Smyková plocha:

Pro svařované I průřezy, zatížené rovnoběžně se stojinou.

$$A_v = \eta \Sigma(h_w \cdot t_w)$$

$$A_v = 1,00 \Sigma(740 \cdot 20) = A_v = 14800 \text{ mm}^2$$

 t_w - tloušťka stojiny h_w - výška stojiny

$$\eta = 1,00$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{14800(355/\sqrt{3})}{1,00} = V_{pl,Rd} = 3033,40 \text{ KN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

 f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1364,41}{3033,40} \leq 1,0 \quad 0,450 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

44,98 %

Posudek:

Klopení

Klopení nosníku brání betonová deska.

Posudek:

Kombinace ohybu a smyku

Návrhová síla: Med[KNm] 1539,61

Návrhová síla: Ved[KN] = 1364,41

V_{pl,Rd}[KNm] = 3033,40

Jestliže smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti, je možné její účinek v ohybu zanedbat.

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5$$

$$\frac{1364,41}{3033,40} \leq 0,5 \quad 0,450 \leq 0,50$$

vyhoví

7.10 Průvlak PR4

Posudek:

Ohyb

Návrhová síla: Med[KN] = 3570,33

Prut: B135

Charakteristiky profilu: I - profil

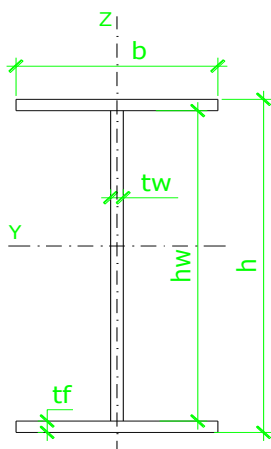
b [mm]= 320

h [mm]= 1050

t_w [mm]= 20t_f [mm]= 20h_w [mm]= 1010A [mm²]= 33000W_{ply} [mm³]= 11693000

Třída průřezu: 2

Výroba: svařovaný



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{1,1693 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 4151,02 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3570,33}{4151,02} \leq 1,0 \quad 0,86 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 86,01 %

Posudek:

Smyk

Návrhová síla:

Ved[KN] = 2131,17

Prut:

B135

Smyková plocha:

Pro svařované I průřezy, zatížené rovnoběžně se stojinou.

$$A_v = \eta \sum (h_w \cdot t_w)$$

$$A_v = 1,00 \sum (1010 \cdot 20) = A_v = 20200 \text{ mm}^2$$

t_w - tloušťka stojiny

h_w - výška stojiny

$$\eta = 1,00$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{20200(355/\sqrt{3})}{1,00} = V_{pl,Rd} = 4140,18 \text{ KN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2186,31}{4140,18} \leq 1,0 \quad 0,515 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

51,48 %

Posudek:

Klopení

Klopení nosníku brání betonový strop.

Posudek:

Kombinace ohybu a smyku

Návrhová síla: Med[KNm] 3570,33 Prut: B135

Návrhová síla: Ved[KN] = 2129,77

V_{pl,Rd}[KNm] = 4140,18

Redukovaná mez kluzu:

$$\delta = \left(\frac{2 \cdot V_{ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

$$\delta = \left(\frac{2 \cdot 2186,31}{4140,18} - 1 \right)^2 = \quad \delta = \quad 0,001$$

$$(1 - \delta) f_y$$

$$(1 - 0,003) \cdot 355 = \quad 354,705 \text{ Mpa}$$

Redukovaná únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{1,1693 \cdot 10^{-2} \cdot 35388 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 4147,56 \text{ KNm}$$

Y_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3570,33}{4137,93} \leq 1,0$$

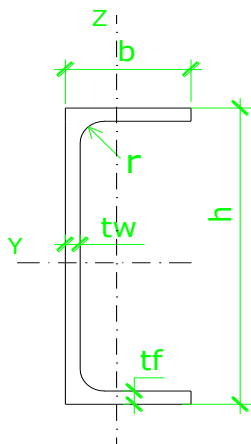
$$0,861 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

86,08 %

7.11 Strěšní profil PR5



Posudek: Ohyb
 Návrhová síla: Med[KNm] 30,37
 Prut: B890
 Charakteristiky profilu: U - profil
 b [mm]= 85
 h [mm]= 240
 t_f [mm]= 13
 t_w [mm]= 10
 r [mm]= 13
 A [mm²]= 4230
 I_y [mm⁴]= 36000000
 I_z [mm⁴]= 2480000
 W_{pl} [mm³]= 358000
 Třída průřezu: 1
 Výroba: válcovaný

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{358000 \cdot 355}{1,00} = M_{c,Rd} = 127,09 \text{ KNm}$$

Y_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{30,37}{127,09} \leq 1,0$$

$$0,239 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

23,90 %

Posudek: **Smyk**
 Návrhová síla: Ved[KN] = 16,90
 Prut: B908

Smyková plocha:

Pro válcování U průřezy, zatížené rovnoběžně se stojinou.

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + r) \cdot t_f$$

$$A_v = 4230 - 2 \cdot 85 \cdot 13 + (10 + 13) \cdot 13 = \quad A_v = 2319 \quad \text{mm}^2$$

t_w - tloušťka stojiny

t_f - tloušťka pásnice

r - poloměr zaoblení

h_w - výška stojiny

$$\eta = 1,00$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{2319 (355 / \sqrt{3})}{1,00} = \quad V_{pl,Rd} = 475,30 \text{ KN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{16,90}{475,30} \leq 1,0 \quad 0,036 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 3,56 %

Posudek:

Klopení

Klopení nosníku brání betonová obvodový plášť budovy.

Posudek:

Kombinace ohybu a smyku

Návrhová síla: M_{ed} [KNm] 30,37 Prut: B890

Návrhová síla: V_{ed} [KN] = 14,96

$V_{pl,Rd}$ [KNm] = 475,30

Jestliže smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti, je možné její účinek v ohybu zanedbat.

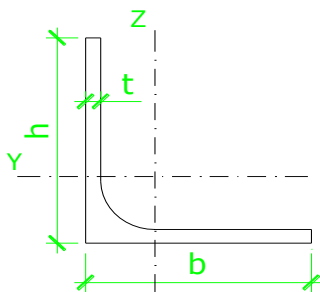
$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 0,5$$

$$\frac{14,96}{475,30} \leq 0,5$$

$$0,031 \leq 0,50$$

vyhoví

S vyloučením tlačných ztužidel - navýšení tahové síly o 20%.



7.12 Větrové ztužidlo V1

Posudek:

Tah

Návrhová síla:

$$N_{ed}[KN] = 48,68 \cdot 1,2 =$$

58,42

Prut:

B1081

Charakteristiky profilu: L 60x6

$$A [mm^2] = 691$$

$$I_y [mm^4] = 361000$$

$$I_z [mm^4] = 94300$$

Třída průřezu: 2

Výroba: válcovaný

Návrhovou únosnost v tahu stanovíme jako menší z hodnot:

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{691 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$N_{pl,Rd} = 245,31 \text{ kN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Návrhová únosnost průřezu oslabeného dírami:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot 590 \cdot 10^{-6} \cdot 490 \cdot 10^6}{1,25} =$$

$$N_{u,Rd} = 208,15 \text{ kN}$$

A_{net} - odhad

A_{net} - plocha průřezu bez otvorů

590 mm²

γ_{M2} - dílčí součinitel materiálu

1,25

f_u - mez pevnosti oceli

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{58,42}{208,15} \leq 1,0 \quad 0,281 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 28,07 %

$N_{t,Rd}$ je menší z hodnot $N_{pl,Rd}$ $N_{u,Rd}$

Ověření: **Štíhlosti**

Štíhlost prutu:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{361000}{691}} = \quad i_y = 22,857 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{94300}{691}} = \quad i_z = 11,682 \text{ mm}$$

Vzpěrná délka:

Vzpěrnou délku v ose z uvažujeme celou délku diagonály.

Styčnickový plech nazabrání vybočení v ose z.

$$L_{cr,y} = 9612 \text{ mm}$$

Vzpěrnou délku v ose y uvažujeme půl délky diagonály.

Křížení diagonál zabrání vybočení uprostřed diagonály.

$$L_{cr,z} = 4806 \text{ mm}$$

Štíhlost prutu:

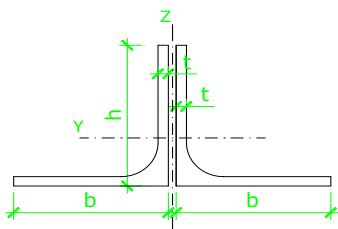
$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{9612}{22,857} = \quad \lambda_y = 420,532$$

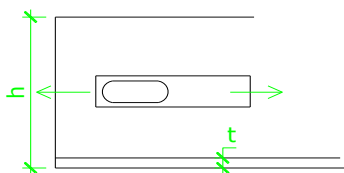
$$\lambda_z = \frac{4806}{11,682} = \quad \lambda_z = 411,403$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 400 \quad \text{nevyhoví}$$

7.13 Strěšní profil L1 - dolní pás

V dolním pásu je pouze tah - je to způsobeno detailem připoje dolního pásu na sloup, který umožňuje posun v ose prvku.



A_{net} - odhad

Posudek: **Tah**

Návrhová síla: $N_{ed}[KN] = 207,78$

Prut: B531

Charakteristiky profilu: 2xL 90/90/8 - profil

$A [mm^2] = 3433$

$I_y [mm^4] = 2550700$

$I_z [mm^4] = 5115100$

Třída průřezu: 3

Výroba: válcovaný

Návrhovou únosnost v tahu stanovíme jako menší z hodnot:

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

$$N_{pr,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pr,Rd} = \frac{3433 \cdot 10^6 \cdot 355 \cdot 10^6}{100} =$$

$$N_{pl,Rd} = 1218,64 \text{ kN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Návrhová únosnost průřezu oslabeného dírami:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot 2700 \cdot 10^6 \cdot 490 \cdot 10^6}{1,25} =$$

$$N_{u,Rd} = 952,56 \text{ kN}$$

A_{net} - plocha průřezu bez otvorů

2700 mm²

γ_{M2} - dílčí součinitel materiálu

1,25

f_u - mez pevnosti oceli

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{207,78}{952,26} \leq 1,0$$

$$0,218 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

21,81 %

$N_{t,Rd}$ je menší z hodnot $N_{pl,Rd}$ $N_{u,Rd}$

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{2250700}{3433}} =$$

$$i_y = 27,259 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{5115100}{3433}} =$$

$$i_z = 38,601 \text{ mm}$$

Vzpěrná délka:

Vzpěrnou délku v ose z uvažujeme 1/6 délky spodního pásu.

V ose z vybočení zabrání svislice.

$$L_{cr,y} = 3000 \text{ mm}$$

Ocelový profil se používá
k přemísťování lehkého
materiálu, má nosnost 10 KN

Vzpěrnou délku v ose y uvažujeme polovinu délky spodního pásu.

V polovině rozpětí je dolní pás držen ocelovým profilem.

$$L_{cr,z} = 9000 \text{ mm}$$

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{3000}{27,259} =$$

$$\lambda_y = 110,057$$

$$\lambda_z = \frac{9000}{38,601} =$$

$$\lambda_z = 233,152$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 400$$

vyhoví

7.14 Strěšní profil L1 - horní pás

Posudek:

Vzpěr

Návrhová síla:

$$Ned[\text{KN}] = 271,94$$

Prut:

B510

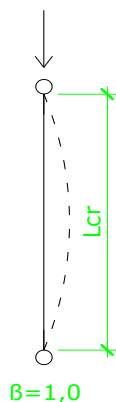
Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\text{vzpěr } y-y \quad b \rightarrow a = 0,34$$

$$\text{vzpěr } z-z \quad b \rightarrow a = 0,34$$

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$



$$i_y = \sqrt{\frac{2,5507 \cdot 10^6}{3,433 \cdot 10^{-6}}} = \quad i_y = 0,027 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{5,1151 \cdot 10^{-6}}{3,433 \cdot 10^{-6}}} = \quad i_z = 0,039 \text{ m}$$

Vzpěrná délka:

Vzpěrnou délku v ose z uvažujeme 1/6 délky horního pásu.
V ose z vybočení zabrání střešní I-profil se střešním pláštěm a svislice.

$$L_{cr,y} = 3000 \text{ mm}$$

Vzpěrnou délku v ose y uvažujeme 1/6 délky horního pásu.

V ose y vybočení zabrání střešní I-profil se střešním pláštěm.

$$L_{cr,z} = 3000 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{cr}}{i_n} \cdot \frac{1}{\alpha}$$

$$\lambda_y = \frac{3,000}{0,027} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_y = 1,441$$

$$\lambda_z = \frac{3,000}{0,039} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_z = 1,017$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,441 - 0,2) + 1,441^2] = \quad \phi_y = 1,748$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,017 - 0,2) + 1,017^2] = \quad \phi_z = 1,156$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{1,746 + \sqrt{1,746^2 - 1,441^2}} = \quad \chi_y = 0,365$$

$$\chi = \frac{1}{1,156 + \sqrt{1,156^2 - 1,017^2}} = \quad \chi_z = 0,586$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,365 \cdot 3433 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = \quad N_{b,Rd} = 444,85 \text{ KN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{271,94}{444,85} \leq 1,0 \quad 0,611 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 61,13 %

Ověření: **Štíhlosti**

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{3000}{27} = \quad \lambda_y = 110,057$$

$$\lambda_z = \frac{3000}{39} = \quad \lambda_z = 77,717$$

Podmínka: $\lambda_y, \lambda_z \leq 200$
vyhoví

7.15 Strěšní profil L2 - svislice

Posudek: **Vzpěr**

Návrhová síla: Ned[KN] = 65,92

Prut: B735

Charakteristiky profilu: 2xL 60/60/6 - profil

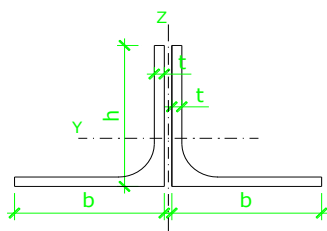
A [mm²] = 1391

I_y [mm⁴] = 463950

I_z [mm⁴] = 912710

Třída průřezu: 3

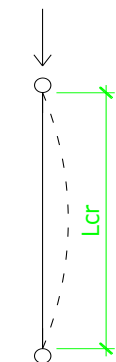
Výroba: válcovaný



Křivka vzpěrné pevnosti:

vzpěr y-y $b \rightarrow a = 0,34$

vzpěr z-z $b \rightarrow a = 0,34$



β=1,0

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{4,639510^{-7}}{1,39110^{-6}}} = \quad i_y = 0,018 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{9,1271 \cdot 10^{-7}}{1,391 \cdot 10^{-6}}} = \quad i_z = 0,026 \text{ m}$$

Vzpěrná délka:

Vzpěrnou délku v ose z uvažujeme celou délku svislice.

$$L_{cr,y} = 1910 \text{ mm}$$

Vzpěrnou délku v ose y uvažujeme celou délku svislice.

$$L_{cr,z} = 1910 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{cr}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{1,910}{0,018} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_y = 1,369$$

$$\lambda_z = \frac{1,910}{0,026} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_z = 0,976$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,369 - 0,2) + 1,369^2] = \quad \phi_y = 1,636$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,976 - 0,2) + 0,976^2] = \quad \phi_z = 1,108$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{1,636 + \sqrt{1,636^2 - 1,369^2}} = \quad \chi_y = 0,395$$

$$\chi = \frac{1}{1,108 + \sqrt{1,108^2 - 0,976^2}} = \quad \chi_z = 0,612$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,395 \cdot 1391 \cdot 10^6 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 195,11 \text{ KN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{65,92}{195,11} \leq 1,0 \quad 0,338 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 33,79 %

Ověření: **Štíhlosti**

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{1910}{18} = \lambda_y = 104,583$$

$$\lambda_z = \frac{1910}{26} = \lambda_z = 74,564$$

Podmínka: $\lambda_y, \lambda_z \leq 200$
vyhoví

7.16 Strěšní profil L2 - diagonála

Posudek: **Tah**
Návrhová síla: Ned[KN] = 339,65
Pрут: B567

Návrhovou únosnost v tahu stanovíme jako menší z hodnot:

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

$$N_{pr,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pr,Rd} = \frac{139110^6 \cdot 35510^6}{100} =$$

$$N_{pl,Rd} = 493,81 \text{ kN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Návrhová únosnost průřezu oslabeného dírami:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

Průřez není oslaben dírami.

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{339,65}{493,81} \leq 1,0$$

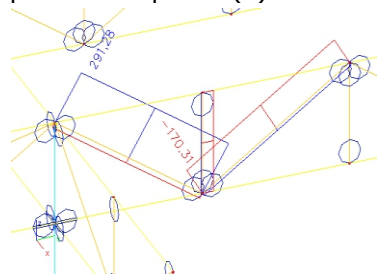
$$0,688 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

68,78 %

S ohledem na posun spodního pásu v ose prvku (x)



Posudek:

Vzpěr

Návrhová síla:

$$N_{ed}[KN] = 170,31$$

Prut:

B647

Křivka vzpěrné pevnosti:

$$\text{vzpěr } y-y \quad b \rightarrow a = 0,34$$

$$\text{vzpěr } z-z \quad b \rightarrow a = 0,34$$

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{4,639510^{-7}}{1,39110^{-6}}} =$$

$$i_y = 0,018 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{9,1271 \cdot 10^{-7}}{1,391 \cdot 10^{-6}}} =$$

$$i_z = 0,026 \text{ m}$$

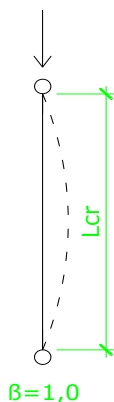
Vzpěrná délka:

Vzpěrnou délku v ose z uvažujeme celou délku diagonály.

$$L_{cr,y} = 3556 \text{ mm}$$

Vzpěrnou délku v ose y uvažujeme celou délku diagonály.

$$L_{cr,z} = 3556 \text{ mm}$$



$\beta = 1,0$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{3,556}{0,018} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_y = 2,549$$

$$\lambda_z = \frac{3,556}{0,026} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_z = 1,817$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (2,549 - 0,2) + 2,549^2] = \phi_y = 4,147$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,817 - 0,2) + 1,817^2] = \phi_z = 2,426$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{4,147 + \sqrt{4,147^2 - 2,549^2}} = \chi_y = 0,135$$

$$\chi = \frac{1}{2,426 + \sqrt{2,426^2 - 1,817^2}} = \chi_z = 0,248$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,135 \cdot 1391 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 66,57 \text{ KN}$$

 γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00 f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{170,31}{66,57} \leq 1,0 \quad 2,559 \leq 1,00 \quad \text{nevyhoví}$$

Využití průřezu je: 255,86 %

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{3556}{18} =$$

$$\lambda_y = 194,711$$

$$\lambda_z = \frac{3556}{26} =$$

$$\lambda_z = 138,822$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200 \text{ vyhoví}$$

8. Posouzení mezního stavu použitelnosti:

8.1 Svislé a vodorovné průhyby

Největší průhyby δ_{\max} na jednotlivých prvcích

byly počítány programem Scia Engineer.

Byla použita kvazistálá kombinace zatížení pro konečný průhyb.

Největší průhyb se stanoví ze vztahu:

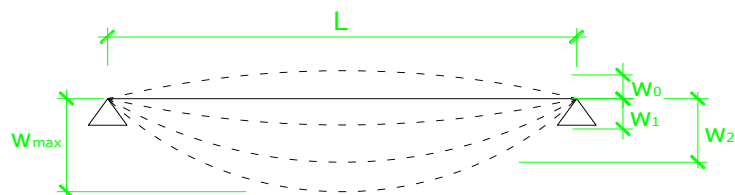
$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$

δ_{\max} - největší průhyb vztažený k přímce spojující podpory

δ_0 - nadvýšení nosníku v nezatíženém stavu

δ_1 - průhyb nosníku od stálých zatížení bezprostředně po zatížení

δ_2 - součet průhybů nosníku od proměnných zatížení a nárůst průhybu od stálých zatížení



Typ profilu: **Sloup SL1**

Prut: B1262

Délka[mm]: 13220

Délka v I. patře[mm]: 5710

Délka v II. patře[mm]: 7510

Průhyb δ_{\max} [mm] v II. patře: 4,6Limitní hodnoty (v každém podlaží): $h/300 = 25,03$ $4,60 < 25,03$
vyhovíTyp profilu: **Sloup SL2**

Prut: B19

Délka v I. Patře[mm]: 5710

Průhyb δ_{\max} [mm] v I. patře: 6,1Limitní hodnoty (v každém podlaží): $h/300 = 19,03$ $6,10 < 19,03$
vyhovíTyp profilu: **Sloup SL2**

Prut: B1268

Délka[mm]: 13220

Délka v II. Patře[mm]: 7510

Průhyb δ_{\max} [mm] v II. patře: 5,7Limitní hodnoty (v každém podlaží): $h/300 = 25,03$ $5,70 < 25,03$
vyhovíTyp profilu: **Sloup SL3**

Prut: B1287

Délka[mm]: 13220

Délka v I. patře[mm]: 5710

Délka v II. patře[mm]: 7510

Průhyb δ_{\max} [mm] v II. patře: 7,6Limitní hodnoty (v každém podlaží): $h/300 = 25,03$ $7,60 < 25,03$
vyhoví

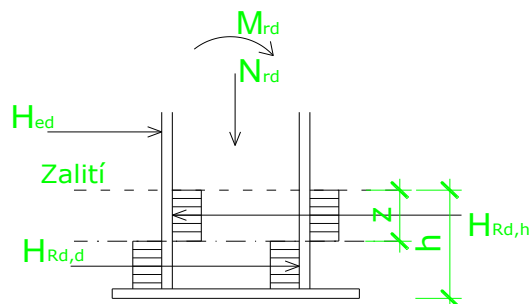
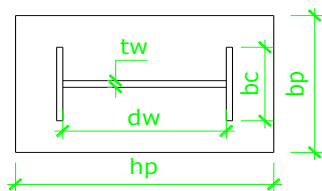
Typ profilu:	Průvlak PR1		
Prut:	B113		
Délka[mm]:	9000		
Průhyb δ_{\max} [mm]:	16,5		
Limitní hodnoty:	L/400 = 22,50		
	16,50	<	22,50
	vyhoví		
Typ profilu:	Průvlak PR2		
Prut:	B96		
Délka[mm]:	6250		
Průhyb δ_{\max} [mm]:	22,7		
Limitní hodnoty:	L/400 = 15,63		
	22,70	<	15,63
	nevyhoví		
Typ profilu:	Průvlak PR3		
Prut:	B82		
Délka[mm]:	6000		
Průhyb δ_{\max} [mm]:	7,5		
Limitní hodnoty:	L/400 = 15,00		
	7,50	<	15,00
	vyhoví		
Typ profilu:	Průvlak PR4		
Prut:	B135		
Délka[mm]:	9000		
Průhyb δ_{\max} [mm]:	14,6		
Limitní hodnoty:	L/400 = 22,50		
	14,60	<	22,50
	vyhoví		

Typ profilu:	Střešní profil PR5
Prut:	B893
Délka[mm]:	6000
Průhyb δ_{\max} [mm]:	6,6
Limitní hodnoty:	$L/350 = 17,14$
	6,60 < 17,14 vyhoví
Typ profilu:	Trám I1
Prut:	B1218
Délka[mm]:	6000
Průhyb δ_{\max} [mm]:	31,4
Limitní hodnoty:	$L/250 = 24,00$
	31,40 < 24,00 nevyhoví
Typ profilu:	Trám I2
Prut:	B453
Délka[mm]:	6000
Průhyb δ_{\max} [mm]:	24,9
Limitní hodnoty:	$L/250 = 24,00$
	24,90 < 24,00 nevyhoví
Typ profilu:	Střešní profil I3
Prut:	B1117
Délka[mm]:	6000
Průhyb δ_{\max} [mm]:	13,2
Limitní hodnoty:	$L/300 = 20,00$
	13,20 < 20,00 vyhoví

Typ profilu:	Střešní profil L1 - Vazník
Prut:	B553, B523
Délka[mm]:	18000
Průhyb δ_{\max} [mm]:	8 + 8
Limitní hodnoty:	$L/300 = 60,00$
	16,00 < 60,00 vyhoví

9. Posouzení spojů:

9.1 Kotvení - pomocí patky do kalichu



Typ profilu:	Sloup SL1
Prut:	B1261
Ned[KN]	= 2190,40
Med[KN]	= 180,40
Hed[KN]	= 82,04
b_c [mm]	= 320
d_w [mm]	= 750
t_w [mm]	= 20
h_p [mm]	= 1000
b_p [mm]	= 1000
h [mm]	= 800
Beton C20/25	
f_{ck} [Mpa]	= 20

Návrhová pevnost betonu:

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

pro M_{rd}

$$f_j = \frac{0,67 \cdot 1,2 \cdot 20}{1,5} = f_j = 10,720 \text{ Mpa}$$

pro N_{rd}

$$f_j = \frac{0,67 \cdot 1,0 \cdot 20}{1,5} = f_j = 8,933 \text{ Mpa}$$

 γ_c - dílčí součinitel materiálu pro beton 1,50 f_{ck} - charakteristická pevnost betonu v tlaku k_j - součinitel koncentrace - pro M_{rd} 1,20pro N_{rd} 1,00

Posuzuju beton i ocel:

Beton:

$$z = 0,5 \cdot h + (H_{ed} / 1,6 \cdot b_c \cdot f_{j,h})$$

$$z = 0,5 \cdot 0,8 + (82,04 \cdot 10^3 / 1,6 \cdot 0,32 \cdot 10,72 \cdot 10^6) =$$

$$z = 0,415 \text{ m}$$

$$H_{Rd,h} = 0,8 \cdot z \cdot b_c \cdot f_{j,h}$$

$$H_{Rd,h} = 0,8 \cdot 0,415 \cdot 0,32 \cdot 10,72 \cdot 10^6 =$$

$$H_{Rd,h} = 1138,75 \text{ KN}$$

$$H_{Rd,d} = 0,8 \cdot (h - z) \cdot b_c \cdot f_{j,h} =$$

$$H_{Rd,d} = 0,8 \cdot (0,8 - 0,415) \cdot 0,32 \cdot 10,72 \cdot 10^6 =$$

$$H_{Rd,d} = 1056,71 \text{ KN}$$

$$M_{rd} = 0,6 \cdot h \cdot H_{Rd,d} - 0,4 \cdot z \cdot H_{ed}$$

$$M_{rd} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 71056,71 - 0,4 \cdot 0,415 \cdot 82,04 =$$

$$M_{rd} = 493,60 \text{ KNm}$$

$$N_{rd} = b_p \cdot h_p \cdot f_j$$

$$N_{rd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8,933 =$$

$$N_{rd} = 8933,33 \text{ KN}$$

Posouzení:

$$M_{ed} \leq M_{rd} \quad 180,40 \leq 493,60$$

vyhoví

Využití betonu je: 36,55 %

Posouzení:

$$N_{ed} \leq N_{rd} \quad 2190,40 \leq 8933,33$$

vyhoví

Využití betonu je: 24,52 %

Ocel:

Ocelový profil byl posouzen v mezním stavu únosnosti na ohyb.

Typ profilu: **Sloup SL2**

Prut: B19

$$N_{ed}[KN] = 4722,65$$

$$M_{ed}[KN] = 180,32$$

$$H_{ed}[KN] = 91,79$$

$$b_c [mm] = 300$$

$$d_w [mm] = 376$$

$$t_w [mm] = 12$$

$$h_p [mm] = 1000$$

$$b_p [mm] = 1000$$

$$h [mm] = 800$$

Beton C20/25

$$f_{ck}[Mpa] = 20$$

Posuzuju beton i ocel:

Beton:

$$z = 0,5 \cdot h + (H_{ed} / 1,6 \cdot b_c \cdot f_{j,h})$$

$$z = 0,5 \cdot 0,8 + (91,79 \cdot 10^3 / 1,6 \cdot 0,30 \cdot 10,72 \cdot 10^6) =$$

$$z = 0,418 \text{ m}$$

$$H_{Rd,h} = 0,8 \cdot z \cdot b_c \cdot f_{j,h}$$

$$H_{Rd,h} = 0,8 \cdot 0,418 \cdot 0,30 \cdot 10,72 \cdot 10^6 =$$

$$H_{Rd,h} = 1075,02 \text{ KN}$$

$$H_{Rd,d} = 0,8 \cdot (h - z) \cdot b_c \cdot f_{j,h} =$$

$$H_{Rd,d} = 0,8 \cdot (0,8 - 0,418) \cdot 0,30 \cdot 10,72 \cdot 10^6 =$$

$$H_{Rd,d} = 983,23 \text{ KN}$$

$$M_{rd} = 0,6 \cdot h \cdot H_{rd,d} - 0,4 \cdot z \cdot H_{ed}$$

$$M_{rd} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 983,23 - 0,4 \cdot 0,418 \cdot 91,79 =$$

$$M_{rd} = 456,61 \text{ KNm}$$

$$N_{rd} = b_p \cdot h_p \cdot f_j$$

$$N_{rd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8,933 =$$

$$N_{rd} = 8933,33 \text{ KN}$$

Posouzení:

$$M_{ed} \leq M_{rd} \quad 180,32 \leq 456,61$$

vyhoví

$$\text{Využití betonu je:} \quad 39,49 \%$$

Posouzení:

$$N_{ed} \leq N_{rd} \quad 4722,65 \leq 8933,33$$

vyhoví

$$\text{Využití betonu je:} \quad 52,87 \%$$

Ocel:

Ocelový profil byl posouzen v mezním stavu únosnosti na ohyb.

Typ profilu: **Sloup SL3**

Prut: B1284, B1300

$$N_{ed}[KN] = 2043,70$$

$$M_{ed}[KN] = 377,22$$

$$H_{ed}[KN] = 181,30$$

$$b_c [mm] = 300$$

$$d_w [mm] = 470$$

$$t_w [mm] = 15$$

$$h_p [mm] = 1000$$

$$b_p [mm] = 1000$$

$$h [mm] = 800$$

Beton C20/25

$$f_{ck}[Mpa] = 20$$

Posuzuju beton i ocel:

Beton:

$$z = 0,5 \cdot h + (H_{ed} / (1,6 \cdot b_c \cdot f_{j,h}))$$

$$z = 0,5 \cdot 0,8 + (181,30 \cdot 10^3 / (1,6 \cdot 0,30 \cdot 10,72 \cdot 10^6)) =$$

$$z = 0,435 \text{ m}$$

$$H_{Rd,h} = 0,8 \cdot z \cdot b_c \cdot f_{j,h}$$

$$H_{Rd,h} = 0,8 \cdot 0,435 \cdot 0,30 \cdot 10,72 \cdot 10^6 =$$

$$H_{Rd,h} = 1119,77 \text{ KN}$$

$$H_{Rd,d} = 0,8 \cdot (h - z) \cdot b_c \cdot f_{j,h} =$$

$$H_{Rd,d} = 0,8 \cdot (0,8 - 0,435) \cdot 0,30 \cdot 10,72 \cdot 10^6 =$$

$$H_{Rd,d} = 938,47 \text{ KN}$$

$$M_{rd} = 0,6 \cdot h \cdot H_{rd,d} - 0,4 \cdot z \cdot H_{ed}$$

$$M_{rd} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 938,47 - 0,4 \cdot 0,435 \cdot 181,30 =$$

$$M_{rd} = 450,47 \text{ KNm}$$

$$N_{rd} = b_p \cdot h_p \cdot f_j$$

$$N_{rd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8,933 =$$

$$N_{rd} = 8933,33 \text{ KN}$$

Posouzení:

$$M_{ed} \leq M_{rd} \quad 377,22 \leq 450,47$$

vyhoví

$$\text{Využití betonu je:} \quad 83,74 \%$$

Posouzení:

$$N_{ed} \leq N_{rd} \quad 2043,70 \leq 8933,33$$

vyhoví

$$\text{Využití betonu je:} \quad 22,88 \%$$

Ocel:

Ocelový profil byl posouzen v mezním stavu únosnosti na ohyb.

9.2 Připojení větrového ztužidlaTyp profilu: **Ztužidlo V1**

Prut: B1081

$$N_{ed}[KN] = 58,42$$

Přípoj L-profilu k styčnickovému plechu.

Parametry šroubů byly zjištěny - M. Rochla - Stavební tabulky

Parametry šroubů:

Šroub M 20 4.8.

$$A_s[mm^2] = 245$$

$$f_{yb}[Mpa] = 320$$

$$f_{ub}[Mpa] = 400$$

Počet šroubů v přípoji: 2

Návrhová únosnost šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \cdot 400 \cdot 245}{1,25} =$$

$$F_{v,Rd} = 39,20 \text{ KN}$$

 α_v - pro šrouby třídy 4.8.

0,5

 f_{ub} - mez pevnosti šroubu A_s - plocha jádra šroubu γ_{M2} - součinitel spolehlivosti pro šrouby

1,25

Únosnost šroubů celkem:

$$F_{v,Rd} = n \cdot F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 39,20 =$$

$$F_{v,Rd} = 78,40 \text{ KN}$$

Posouzení:

$$F_{v,Rd} \geq N_{sd}$$

$$78,40 \geq 58,42$$

vyhoví

Využití šroubů je:

$$74,52 \%$$

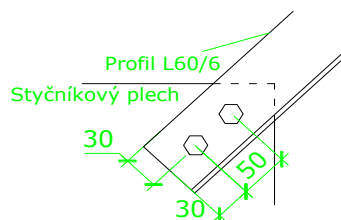
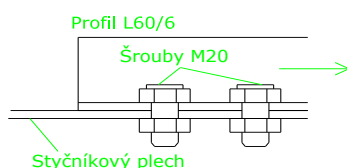
Rozteče a vzdálenosti od konce a kraje:

Hodnoty zaokrouhleny.

$e_1 =$	30 mm	$\geq 1,2 d_0$	vyhoví
$e_2 =$	30 mm	$\geq 1,2 d_0$	vyhoví
$p_1 =$	50 mm	$\geq 2,2 d_0$	vyhoví
$d_0 =$	22 mm		

 d_0 - průměr otvoru pro šroub

Na stranu bezpečnou
je předpokládána menší
mez pevnosti šroubů.



Návrhová únosnost styčného plechu v otláčení:

Za součinitel α беру nejmenší z hodnot:

$$\frac{e_1}{3d_0} = \frac{30}{3 \cdot 22} = 0,455$$

$$\frac{p_1}{3d_0} - 1/4 = \frac{50}{3 \cdot 22} - 1/4 = 0,508$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{400}{490} = 0,816$$

f_u - mez pevnosti styčného plechu 1,000 490 Mpa

Za součinitel k_1 беру nejmenší z hodnot:

2,5

$$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{30}{22} - 1,7 = 2,118$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_d \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,12 \cdot 0,455 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 4}{1,25} = F_{b,Rd} = 30,194 \text{ KN}$$

d - průměr šroubu 20 mm

t - nejmenší tloušťka ze spojovaných materiálů

Předpoklad nejmenší tloušťky styčnickového plechu 4 mm

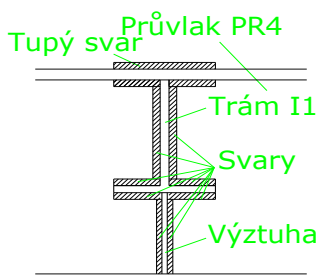
Únosnost v utlačení pro oba šrouby: 60,387 kN

Posouzení:

$$F_{b,Rd} \geq N_{ed} \quad 60,39 \geq 58,42 \quad \text{vyhoví}$$

Využití šroubů je: 96,74 %

9.3 Připoj trámu na průvlak



Typ profilu: Trám I1

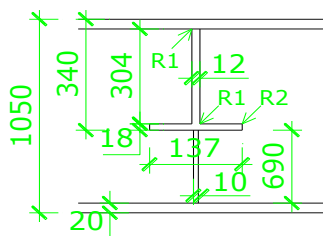
Prut: B1220

Med[KN] = 450,49

Ved[KN] = 370,66

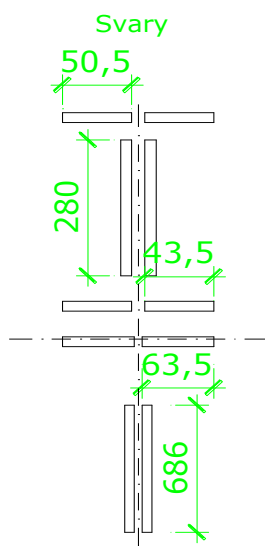
Délka svaru:

Koutové svary s účinnou délkou menší než 30 mm nebo menší než šestnásobek tloušťky, větší hodnota rozhoduje, nemají být použity pro přenášení zatížení.



R1 = 12 mm

R2 = 7 mm



Tloušťka svaru:

Nejmenší dovolená tloušťka svaru je 3mm.

Uvažovaná tloušťka svaru:

4 mm

Návrhová únosnost koutového svaru:

$$\left[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right]^{0,5}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{(2 \cdot a \cdot l) + (2 \cdot a \cdot l)}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{37066}{(2 \cdot 4 \cdot 280) + (2 \cdot 4 \cdot 686)} = \tau_{\parallel} = 47,963 \text{ Mpa}$$

Momenty setrvačnosti jednotlivých svarů:

$$I_{y1} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 + A \cdot c^2 = 1/12 \cdot 50,5 \cdot 4^3 + 202 \cdot 319^2 = 2,055 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{y2} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 + A \cdot c^2 = 1/12 \cdot 4 \cdot 280^3 + 1120 \cdot 170^2 = 3,969 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{y3} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 + A \cdot c^2 = 1/12 \cdot 43,5 \cdot 4^3 + 174 \cdot 21^2 = 7,697 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{y4} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 + A \cdot c^2 = 1/12 \cdot 63,5 \cdot 4^3 + 254 \cdot 1^2 = 5,927 \cdot 10^2 \text{ mm}^4$$

$$I_{y5} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 + A \cdot c^2 = 1/12 \cdot 4 \cdot 686^3 + 2744 \cdot 346^2 = 4,360 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2 \cdot I_{y1} + 2 \cdot I_{y2} + 2 \cdot I_{y3} + 2 \cdot I_{y4} + 2 \cdot I_{y5} = 0,000496 \text{ m}^4$$

$$\sigma_w = (M_{ed}/I_y) \cdot z =$$

$$\sigma_w = (450,49 \cdot 10^3 / 4,96 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,321 = \sigma_w = 291,295 \text{ Mpa}$$

z - největší namáhání svaru od ohybového momentu

je ne začátku stojiny

321 mm

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_w / 2^{0,5} \quad \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 205,977 \text{ Mpa}$$

$$\left[205,977^2 + 3(205,977^2 + 47,963^2) \right]^{0,5} = 420,246 \text{ Mpa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,556 \text{ Mpa}$$

f_u - jemnovitá hodnota meze pevnosti nejslabší spojované části v tahuβ_w - korelační součinitel 0,90γ_{M2} - součinitel spolehlivosti pro svary 1,25

Posouzení:

$$\left[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right]^{0,5} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$420,25 \leq 435,56$$

vyhoví

Využití svarů je: 96,49 %

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$205,98 \leq 352,80$$

vyhoví

Využití svarů je: 58,38 %

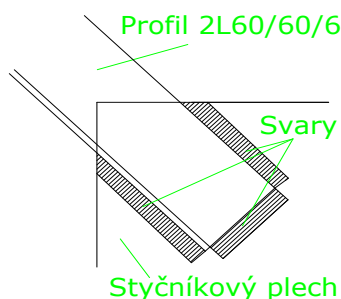
Tupý svar:

Parametry tupého svaru nebyly ověřeny.

I bez tupého svaru svarový přípoj vyhoví.

Návrhová únosnost tupých svarů s plným provařením

se má uvažovat stejná jako návrhová únosnost slabší ze spojovaných částí.

**9.4 Přípoj diagonály ve vazníku**Typ profilu: **Diagonála L2**Prut: B567
Ned[KN] = 339,65

Tloušťka svaru:

Nejmenší dovolená tloušťka svaru je 3mm.

Uvažovaná tloušťka svaru: 4 mm

Návrhová únosnost koutového svaru:

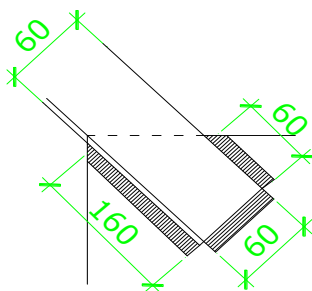
$$\left[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right]^{0,5}$$

$$\tau_{//} = \frac{N_{ed}}{(2 \cdot a \cdot l) + (2 \cdot a \cdot l)}$$

$$\tau_{//} = \frac{339,65}{(2 \cdot 4 \cdot 160) + (2 \cdot 4 \cdot 60)} = \tau_{//} = 192,983 \text{ Mpa}$$

$$M_w = \frac{N_{ed} / 2}{2} \cdot \frac{60}{2}$$

$$M_w = \frac{339,65 / 2}{2} \cdot \frac{60}{2} = M_w = 2,547 \text{ KNm}$$



$$\sigma_w = \frac{M_w}{1 / 6 \cdot 60 \cdot 4^2} =$$

$$\sigma_w = \frac{2,547}{1 / 6 \cdot 60 \cdot 4^2} = \quad \sigma_w = 15,921 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_w / 2^{0,5} \quad \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 11,258 \text{ Mpa}$$

$$\left[11,258^2 + 3(11,258^2 + 192983^2) \right]^{0,5} = 335,014 \text{ Mpa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,556 \text{ Mpa}$$

f_u - jemnovitá hodnota meze pevnosti nejslabší spojované části v tahu

β_w - korelační součinitel 0,90

γ_{M2} - součinitel spolehlivosti pro svary 1,25

Posouzení:

$$\left[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right]^{0,5} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$335,01 \leq 435,56$$

vyhoví

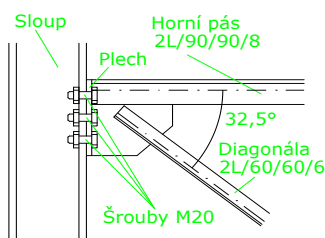
Využití svarů je: 76,92 %

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$11,26 \leq 352,80$$

vyhoví

Využití svarů je: 3,19 %



9.5 Připoj vazníku na sloup

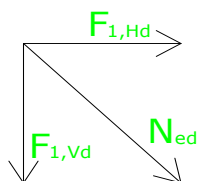
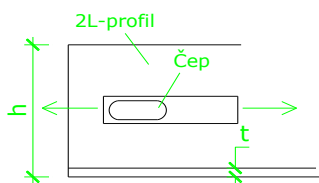
Připoj dolního pásu L1 nebudeme řešit, typ připojení umožňuje posun ve směru osy prvku. Na připoj působí tah v diagonále.

Typ profilu: **Diagonála L2**

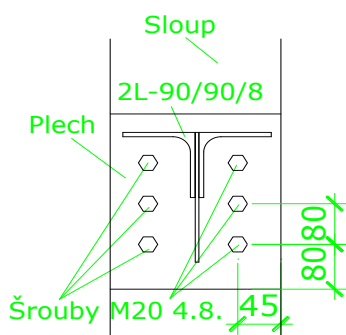
Prut: B567

$$Ned[\text{KN}] = 339,65$$

$$F1, Vd = Ned \cdot \sin 32,5^\circ = 182,50 \text{ KN}$$



Na stranu bezpečnou je předpokládána menší mez pevnosti šroubů.



Parametry šroubů byly zjištěny - M. Rochla - Stavební tabulky

Parametry šroubů:

Šroub M 20 4.8.

$$A_s[\text{mm}^2] = 245$$

$$f_{yb}[\text{Mpa}] = 320$$

$$f_{ub}[\text{Mpa}] = 400$$

Počet šroubů v přípoji: 6

Návrhová únosnost šroubu ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \cdot 400 \cdot 245}{1,25} =$$

$$F_{v,Rd} = 39,20 \text{ kN}$$

α_v - pro šrouby třídy 4.8.

0,5

f_{ub} - mez pevnosti šroubu

A_s - plocha jádra šroubu

γ_{M2} - součinitel spolehlivosti pro šrouby

1,25

Únosnost šroubů celkem:

$$F_{v,Rd} = n \cdot F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 6 \cdot 39,20 =$$

$$F_{v,Rd} = 235,20 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,Rd} \geq F_{1,Vd}$$

$$235,20 \geq 182,50$$

vyhoví

Využití šroubů je:

$$77,59 \%$$

Rozteče a vzdálenosti od konce a kraje:

Hodnoty zaokrouhleny.

$e_1 =$	80 mm	$\geq 1,2 d_0$	vyhoví
$e_2 =$	45 mm	$\geq 1,2 d_0$	vyhoví
$p_1 =$	80 mm	$\geq 2,2 d_0$	vyhoví
$d_0 =$	22 mm		

d_0 - průměr otvoru pro šroub

Návrhová únosnost plechu v otláčení:

Za součinitel a beru nejmenší z hodnot:

$$\frac{e_1}{3d_0} = \frac{80}{3 \cdot 22} = 1,212$$

$$\frac{p_1}{3d_0} - 1/4 = \frac{80}{3 \cdot 22} - 1/4 = 0,962$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{400}{490} = 0,816$$

$$1,000$$

f_u - mez pevnosti styčného plechu 490 Mpa

Za součinitel k_1 беру nejmenší z hodnot:

2,5

$$2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{45}{22} - 1,7 = 4,027$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_d \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,816 \cdot 490 \cdot 20 \cdot 6}{1,25} = F_{b,Rd} = 96,000 \text{ KN}$$

d - průměr šroubu 20 mm

t - nejmenší tloušťka ze spojovaných materiálů

Předpoklad nejmenší tloušťky plechu 6 mm

Únosnost v utlačení pro všechny šrouby: 576,000 kN

Posouzení:

$$F_{b,Rd} \geq F_{1Vd} \quad 576,00 \geq 182,50$$

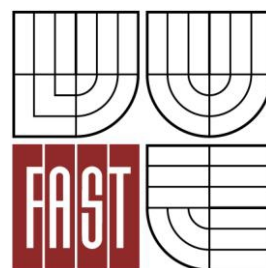
vyhoví

Využití šroubů je: 31,68 %

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

REKONSTRUKCE NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE
DVOUPODLAŽNÍHO OBJEKTU

TECHNICKÁ ZPRÁVA –
STÁVAJÍCÍ STAV KONSTRUKCE

Obsah

1. ÚVODNÍ INFORMACE.....	- 3 -
2. MATERIÁL KONSTRUKCE.....	- 3 -
3. POPIS KONSTRUKCE	- 4 -
4. SPOJE	- 5 -
5. PODKLADY	- 6 -
6. POPIS ZATÍŽENÍ	- 6 -
7. METODIKA VÝPOČTU	- 7 -
8. ZÁVĚR ZE STATICKÉHO POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU.....	- 8 -

1. Úvodní informace

Dvoupodlažní ocelová konstrukce haly se nachází v Olšanech a slouží k výrobě a skladování papíru. Hala byla postavena na konci 70. let a je přibližně obdélníkového půdorysu s výklenkem. Poněvadž od ocelové konstrukce haly nebyla nalezena projektová dokumentace, hledala se možnost zajistit tuto dokumentaci na stavebním úřadě a u projektanta této haly. Bohužel se nepodařilo tuto dokumentaci zajistit. Dokumentace buď zmizela při povodních, nebo byla nenávratně zlikvidována. Z tohoto důvodu bylo zapotřebí zaměřit a zdokumentovat celý stávající stav ocelové konstrukce a vypracovat nový statický výpočet dle platných norem. Zaměření stávajícího stavu bylo problematické, protože nebylo možno přerušit výrobu ve zkoumané konstrukci.

2. Materiál konstrukce

Konstrukce haly je složena z ocelových prvků. Od správce budovy bylo zjištěno, že na stavbu haly byl použit jeden druh kvalitní oceli. Bylo tedy nutné zjistit vlastnosti této oceli. K tomuto účelu byla vybrána zkouška tvrdosti oceli Poldi kladívkem. Z provedené zkoušky vyplynulo, že pro stavbu haly byla použita ocel S355, dle dnešního značení. Beton, který byl použit do základových patek (patky do kalichu) a na strop mezi 1.NP a 2.NP je uvažován třídy C20/25. Skladba opláštění budovy a skladba střechy byla zjištěna od správce budovy a dohledaly se jejich vlastnosti.

Skladba střechy – Hydroizolace: tloušťka 20 mm, hmotnost 10kg/m^2

– Tepelná izolace: tloušťka 100 mm, hmotnost 30kg/m^2

– Trapézový plech: tloušťka 60 mm, hmotnost 12kg/m^2

Skladba opláštění budovy

– Sendvičové panely: tloušťka 80 mm, hmotnost 13kg/m^2

3. Popis konstrukce

Z průzkumu a ze zaměření vyplynulo, že hala grafické úpravny je tvořena z ocelových nosných prvků skeletu tj. ze sloupů, průvlaků a výplňových nosníků, na kterých je pak vybudována železobetonová deska. Tato železobetonová deska je pak konečnou úpravou pro pojezd vozíků, umístění technologie i skladování vstupních i výstupních materiálů od technologie výroby. Objekt je ztužen větrovými ztužidly kolmo na delší stranu objektu v prvním a posledním mezisloupovém pásu. Střechu objektu tvoří příhradové vazníky, v podélném směru jsou poskládány ve dvou pásech a v příčném směru v osmi pásech. V úrovni střechy mezi sloupy je kolem celého objektu umístěn U-profil.

Na příhradových vaznících v oblasti napojení svislice na horní pás leží I-profil, který roznáší zatížení ze střechy.

Sloupy jsou provedeny z ocelových I nosníků svařovaných z jednotlivých ocelových desek o vnější šířce 400 x 300 mm tloušťky 12 mm a 790 x 320 mm tloušťky 20 mm. Mimo obvodových sloupů, které jsou 500 x 300 mm tloušťky 15 mm. Tyto sloupy jsou většinou v modulových osách 9,0 x 6,0 m, obvodové sloupy jsou v modulových osách 6,0 x 6,0 m. Vyjimku tvoří jedna řada sloupů v modulové ose 6,0 x 6,25 m. Na konstrukci nalezneme celkem čtyři druhy průvlaků. Všechny průvlakky jsou také tvořeny svařovanými I-nosníky.

Průvlakky na rozpětí 9,0 m jsou o vnějším rozměru 320 x 920 mm, 320 x 780 mm, 320 x 1050 mm a všechny jsou tloušťky 20 mm. Průvlakky na rozpětí 6,0 m a 6,25 m jsou vnějších rozměrů 300 x 400 mm. V úrovni horní pásnice průvlaků jsou umístěny nosné prvky stropu ve vzdálenostech 1,5 m od sebe, pouze jedno pole je ve vzdálenosti 1,75 m od sebe. Nosné prvky stropu jsou provedeny z válcovaných I nosníků o velikosti I340 a I450 v délkách 6,0 m.

Větrové ztužidla jsou umístěny v prvním a posledním mezisloupovém pásu, jak již bylo popsáno výše. Ztužidla se skládají z profilu L 60 x 6 mm. Na obvodu budovy jsou připojeny na sloupy a jejich křížení je realizováno pomocí styčnickového plechu. Větrové ztužidla na střeše vedou pod střešní krytinou a jsou připojeny na střešní I-profil. Střešní I-profil je válcovaný profil I160 a prochází po celé délce střešní konstrukce. Dále je v úrovni střechy válcovaný profil U240. Příhradové vazníky jsou složeny z profilu 2L 90/90/8, který tvoří horní a dolní pás příhradoviny a z profilu 2L 60/60/6, který tvoří diagonály a svislice vazníků.

Vlastní hala je navržena jako dvoupodlažní se stropní konstrukcí, tak jak je popsána v předcházející části zprávy a střešní konstrukce je pak tvořena soustavou příhradových nosníků, které vynášejí střešní krytinu a jsou navrženy tak, aby prostor ve 2.NP byl maximálně volný a nebyl ovlivněn systémem sloupů. Tato volná dispozice pak umožňuje lepší manipulaci na stropě 2.NP z hlediska výroby a skladování výrobků. Minimální světlá výška v 1.NP je 4,59 m pod úroveň průvlaků a ve 2.NP je pak minimální světlá výška po úroveň příhradových nosníků 5,41 m. Pro minimální použitelnou výšku je třeba uvažovat ve 2.NP ještě s umístěním svítidel, které jsou pod úrovní spodní pásnice příhradového nosníku, takže minimální současná světlá výška pro potřeby technologie je 5,2 m. Naopak maximální světlá výška v 1.NP je 5,11 m a v 2.NP 6,26 m.

Objekt je založen na betonových patkách v kalichu, do kterých jsou vetknuty ocelové sloupy. Celkem 74 patek a sloupů.

4. Spoje

Většina spojů na konstrukci je svařovaných. Předpokládaná tloušťka svaru je 4 mm. Vazníky jsou spojeny svary pomocí styčnickových plechů. Šroubované spoje jsou pouze přípoje větrových ztužidel a přípoje vazníků na sloupy. Horní pás vazníku je připojen na sloup pomocí plechu a šesti šrouby M20 4.8, které jsou od sebe vzdáleny 80 mm. Dolní pás vazníku je připojen ke sloupu pomocí čepu, který umožňuje pohyb v ose prvku. Na sloupu je plech s drážkou pro pohyb čepu, plech je držěn dvěma šrouby M20 4.8. Větrové ztužidla jsou připojeny pomocí styčnickových plechů tloušťky asi 4 mm a dvou šroubů M20 4.8.

5. Podklady

Jako podklad pro posouzení stávajícího stavu celé konstrukce haly byly použity následující dokumenty:

- Fotodokumentace stávajícího stavu haly
- Průzkumy a zaměření
- Ocelové prvky dle válcovacího programu Ferona
- Stavební tabulky M. Rochla
- ČSN EN 1990 „ Zásady navrhování konstrukcí “
- ČSN EN 1991-1 „ Zatížení konstrukcí “
- ČSN EN 1993-1 „ Navrhování ocelových konstrukcí “
- ČSN ISO 13822 „ Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení stávajících konstrukcí “
- Všeobecné podklady od správce budovy

6. Popis zatížení

Zatížení pro účely statického posouzení ocelové konstrukce je třeba rozdělit následovně:

- Vlastní tíha objektu
- Stálé zatížení
 - konstrukcí pláště a střechy objektu
 - od stropu objektu
 - od strojů a zařízení
- Nahodilé zatížení
 - zatížení sněhem
 - zatížení větrem
 - nahodilé zatížení od pohybu osob na střešní rovině
 - nahodilé zatížení od skladování vstupních a výstupních materiálů
 - nahodilé zatížení od pojezdu vysokozdvížnými vozíky

Konstrukce střechy a stropu je posuzována dle ČSN EN 1991-1 „ Zatížení konstrukcí “. Zatížení sněhem je v souladu s normou ČSN EN 1991-1-3 „Obecná zatížení – Zatížení sněhem“. Charakteristická hodnota zatížení sněhem je

2,0 KN/m², což odpovídá IV sněhové oblasti. Sklon střechy je přibližně 3° a proto je tvarový součinitel roven 0,8. Výpočet zatížení větrem je proveden dle normy ČSN EN 1991-1-4 „Obecná zatížení – Zatížení větrem“. Základní tlak větru na budovu je 0,473 KN/m², tato hodnota odpovídá III větrné oblasti. Výška budovy je 13,22 m. Hodnota užitného zatížení na střeše je uvažována 0,4 KN/m². Tato hodnota odpovídá kategorii střech H dle normy ČSN EN 1991-1-1 „Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb“. Rozhodující pro posouzení objektu je posouzení stropní konstrukce 2.NP, kde je umístěn stroj na výrobu papíru a dochází zde k manipulaci se vstupním a výstupním materiálem. V místech technologické linky jsou místa, kdy je lokální zatížení stropu vyšší. Výrobce stroje byly poskytnuty podklady od stroje, které posloužily jako předloha pro výpočet zatížení od stroje. Zjištěné zatížení od výstupního materiálu výrobní linky, daleko přesahuje zařazení do kategorií užitných zatížení dle ČSN EN 1991-1-1. Průzkumem byly zjištěny následující hodnoty výstupního materiálu:

- Paleta s papírem o rozměrech 660 x 480 mm a hmotnosti 555 kg, u které se nepředpokládalo umístění více palet na sebe.
- Papírová role o průměru 740 mm a hmotnosti 635 kg, z fotodokumentace bylo zjištěno, že se umísťují až tři role nad sebe.

Kromě rovnoměrného zatížení od skladovaného materiálu se na stropní konstrukci pohybuje několik vysokozdvížných vozíků, které převážejí palety a svitky papíru k technologii z uskladněných míst. Dle prohlídky na místě se používají elektrické paketovací vozíky a také vysokozdvížné vozíky typu

Linde E20P s vlastní váhou 3570 kg a s nosností 2000 kg. Jedná se o elektrické čtyřkolové jednonápravové vysokozdvížné vozíky. Podklady od vysokozdvížného vozíku byly získány od výrobce těchto vozíků.

7. Metodika výpočtu

Posouzení střešní i stropní konstrukce stejně tak jako nosné prvky ocelového skeletu a posouzení jednotlivých původních prvků konstrukce je provedeno metodou mezních stavů s respektováním odpovídajících norem.

8. Závěr ze statického posouzení stávajícího stavu

Ze statického posouzení ocelové konstrukce vyplývá, že problémem je celková únosnost stropu. Konkrétní nevyhovující prvky stropu na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti jsou v přehledu uvedeny níže. Podmínku únosnosti také nesplňuje zejména sloupy SL2, které jsou uprostřed objektu. Rozhodující zatížení, které působí na tyto prvky, je užité zatížení od vstupního a výstupního materiálu. Tato hodnota činí $44,42 \text{ KN/m}^2$ a přenáší se přes stropní konstrukci do sloupů. Nepříznivě také působí na stropní ocelovou konstrukci lokální zatížení od stroje. Na ocelové konstrukci stropu je položena tuhá betonová deska tloušťky 200 mm. Tloušťka betonové desky je ovlivněna požadavky na kotvení výrobní linky. Při průzkumu stropní betonové desky, byly zjištěny trhliny jak na horním povrchu desky, tak na dolním povrchu desky. Navíc trhliny, které jsou v horní části desky, nebyly pozorovány ve spodní části desky a přitom jen od vlastní tíhy železobetonové desky je horní část betonové desky tlačena a ne tažena. Prakticky to znamená, že by se trhliny v horní části desky měly zmenšovat a uzavírat a statické trhliny by měly být na spodním líci betonové desky. Předpokládáme tedy, že se jedná o smršťovací trhliny v betonu, zvláště proto, že nejsou prováděny ani řezné dilatační spáry a beton nemá možnost se řízeně smrstit a vytvořit tak dilatační spáru. Trhliny v betonu tak jsou vlastně smršťovací spáry, které vznikají přirozeně, bez vlivu zpracovatele betonové desky. Následná oprava se zalitím spar epoxidovým tmelem, je pak jediná možnost jak konstrukci zacelit a opětovně zmonolitnit. Podstatný vliv na vytvoření smršťovacích trhlin nepravidelně vznikajících v desce má také stávající přetěžování stropní konstrukce nahodilým zatížením. Tuhá železobetonová deska a poměrně měkká ocelová konstrukce vytváří dle výpočtu a posouzení konstrukce na průhyb v ocelovém nosníku I1 cca 31,4 mm průhyb a v ocelovém nosníku I2 cca 24,9 mm průhyb. Poněvadž je deska tuhá, pak se jednotlivé průhyby a přetížená nahodilá zatížení konstrukce přenášejí na sousední ocelové nosníky, které pak musí vypomáhat přetížené konstrukci, jinak by došlo k lokální destrukci části stropu. Musíme ale uvést, že tyto extrémní hodnoty jsou počítány na extrémní užité zatížení od vstupního a výstupního materiálu výrobní linky, které bylo pozorováno jen v lokálních místech objektu. Jednalo se o tři papírové role poskládané na sobě. V provozu jsou takové hodnoty zatížení působící blízko u sebe dosahovány jen výjimečně. U průvlaku PR2 je využití prvku na ohyb 259,79 % a na smyk 129,58 %, tato hodnota je ovlivněna

právě tímto zatížením, ve skutečnosti, tento prostor budovy pro skladování není využíván, protože se nachází za výrobní linkou. V tomto prostoru jsou větší rozměry stropních trámů než průvlaků, což je velmi zajímavé, jestli se jedná o pozdější dostavbu, se nepodařilo zjistit. Proto tyto dvě hodnoty nebereme v úvahu. Tato skutečnost ovlivnila i průhyb prvků PR2 a I2. Celkový přehled všech nevyhovujících prvků na mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti a štíhlosti najdeme v přehledu níže.

Nevyhovující prvky z hlediska mezního stavu únosnosti				
Prvek	Posudek	Účinek zatížení (KN, KNm)	Únosnost prvku (KN, KNm)	Využití prvku %
Sloup SL2 v I.NP	Vzpěr	4722,65	2791,49	169,18
Sloup SL2 v I.NP	Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu	4722,65 343,80	2791,49 575,49	209,63
Sloup SL2 v II.NP	Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu	421,91 147,87	496,46 575,49	109,55
Sloup SL3 v I.NP	Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu	2043,70 624,56	3750,81 936,06	113,60
Trám I1	Ohyb	450,49	383,4	117,50
Průvlak PR1	Kombinace smyku a ohybu	2000,13 3387,25	3607,28 3378,78	100,25
Průvlak PR2	Ohyb	1495,04	575,49	259,79
Průvlak PR2	Smyk	1198,31	926,20	129,58
Střešní profil L2 - diagonála	Vzpěr	170,31	66,57	255,86

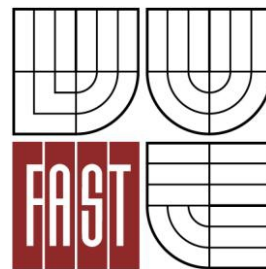
Nevyhovující prvky z hlediska mezního stavu použitelnosti		
Prvek	Průhyb (mm)	Limitní hodnota (mm)
Průvlak PR2	22,7	15,63
Trám I1	31,4	24,00
Trám I2	24,9	24,00

Nevyhovující prvky z hlediska štíhlosti		
Prvek	Štíhlost	Mezní štíhlost
Sloup SL2	218,70	200
Větrové ztužidlo V1	420,53	400

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

REKONSTRUKCE NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE
DVOUPODLAŽNÍHO OBJEKTU

STATICKÝ VÝPOČET –
NOVÝ STAV KONSTRUKCE

Obsah

1.	POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI.....	- 3 -
1.1.	SLOUP SL2-A.....	- 3 -
1.2.	SLOUP SL3-B.....	- 8 -
1.3.	TRÁM I1-C.....	- 11 -
1.4.	STŘEŠNÍ PROFIL L2-D – DIAGONÁLA.....	- 12 -
1.5.	PRŮVLAK PR1-E	- 14 -
2.	POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI	- 15 -
2.1.	SVISLÉ A VODOROVNÉ PRŮHYBY	- 15 -
3.	POSOUZENÍ ŠTÍHLOSTI	- 16 -
3.1.	SLOUP SL2-A.....	- 16 -
3.2.	VĚTROVÉ ZTUŽIDLO V1	- 16 -
4.	SPŘAŽENÍ STROPU	- 17 -
4.1.	TRÁM I1	- 18 -
4.2.	PRŮVLAK PR1	- 26 -

1. Posouzení mezního stavu únosnosti:

Charakteristiky materiálu:

Ocel S355

 f_y [Mpa] = 355 f_u [Mpa] = 490 E [Gpa] = 210

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{355}} = \varepsilon = 0,814$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,814 = \lambda_1 = 76,399$$

Sloupy SL2 a SL3 nevyhoví na vzpěr a kombinaci vzpěru a ohybu, proto bude výhodné zvětšit jejich plochu i moment setrvačnosti.

U Sloupu SL3 můžeme vložit průřez jen dovnitř I - profilu, protože se jedná o obvodový sloup.

1.1 Sloup SL2 - A

Posudek:

Vzpěr**Sloup v I.NP**

Návrhová síla:

Ned[KN] = 4722,65

Prut:

B19

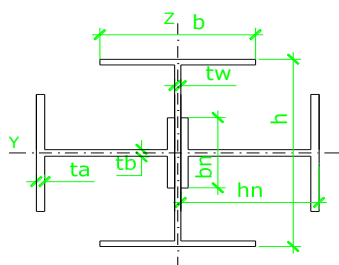
Charakteristiky profilu:

Obecný profil

 b [mm] = 300 h [mm] = 400 h_n [mm] = 265 b_n [mm] = 150 t_w [mm] = 12 t_a [mm] = 16 t_b [mm] = 14 A [m²] = 0,03049 I_y [m⁴] = 3,7387 · 10⁻⁴ I_z [m⁴] = 7,6304 · 10⁻⁴ W_{el} [m³] = 0,00187

Třída průřezu: 3

Výroba: svařovaný



Křivka vzpěrné pevnosti:

vzpěr y-y $c \rightarrow a = 0,49$ vzpěr z-z $c \rightarrow a = 0,49$ a - součinitel imperfekce

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,000374}{0,03046}} = i_y = 0,111 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{0,000763}{0,03046}} = i_z = 0,158 \text{ m}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr_n} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 0,7 \cdot 5,710 = L_{cr_y} = 3,997 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 0,7 \cdot 5,710 = L_{cr_z} = 3,997 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{3,997}{0,111} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_y = 0,472$$

$$\lambda_z = \frac{3,997}{0,158} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_z = 0,331$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,472 - 0,2) + 0,472^2] = \phi_y = 0,678$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,331 - 0,2) + 0,331^2] = \phi_z = 0,587$$

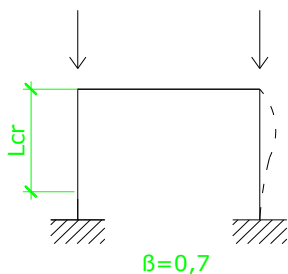
$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{0,678 + \sqrt{0,678^2 - 0,472^2}} = \chi_y = 0,858$$

$$\chi = \frac{1}{0,587 + \sqrt{0,587^2 - 0,331^2}} = \chi_z = 0,933$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$



L - délka sloupu v I. patře

$$N_{b,Rd} = \frac{0,858 \cdot 30492 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 9290,30 \text{ KN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{4722,65}{9290,30} \leq 1,0 \quad 0,508 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 50,83 %

Posudek:

Ohyb

Návrhová síla: Med[KNm] 343,80

Prut: B19

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{0,00187 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 663,64 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{343,80}{663,64} \leq 1,0 \quad 0,518 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 51,81 %

Moment ve směru osy z je zanedbán, hodnoty jsou příliš malé.

Posudek:

Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu

Návrhová síla:

Ned[KN] = 4722,65

Prut: B19

Návrhová síla:

Med[KNm] 343,80

Podmínka únosnosti:

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} + K_{yy} \cdot \frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1$$

$$\gamma_{M1} \quad \gamma_{M1}$$

$$\frac{472265}{0,858 \cdot 0,0305 \cdot 355 \cdot 10^6} + 0,886 \cdot \frac{34380}{1,87 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$1,00 \quad 1,00$$

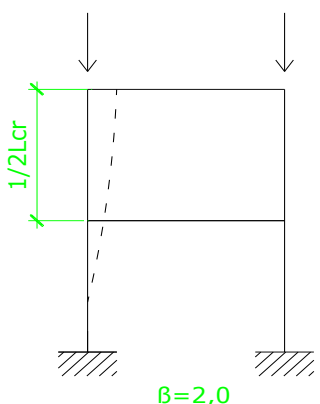
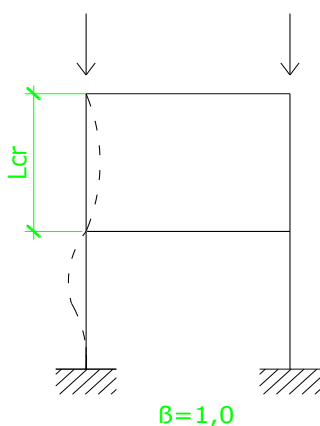
$$0,968 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

96,84 %

Sloup SL2 je v konstrukci otočen o 90°



Posudek:

Vzpěr**Sloup ve II.NP**

Návrhová síla:

Ned[KN] = 421,91

Prut:

B1275

Vzpěrná délka:

$$L_{crn} = \beta \cdot L$$

$$L_{cry} = 1,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cry} = 7,510 \text{ m}$$

$$L_{crz} = 2,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{crz} = 15,020 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{7,510}{0,111} \cdot \frac{1}{76,399} =$$

$$\lambda_y = 0,888$$

$$\lambda_z = \frac{15,020}{0,158} \cdot \frac{1}{76,399} =$$

$$\lambda_z = 1,243$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,888 - 0,2) + 0,888^2] =$$

$$\phi_y = 1,063$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,243 - 0,2) + 1,243^2] =$$

$$\phi_z = 1,528$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{1,063 + \sqrt{1,063^2 - 0,888^2}} = \chi_y = 0,607$$

$$\chi = \frac{1}{1,528 + \sqrt{1,528^2 - 1,243^2}} = \chi_z = 0,414$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,414 \cdot 0,030492 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 4479,81 \text{ KN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{421,91}{4479,81} \leq 1,0 \quad 0,094 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 9,42 %

Posudek:

Ohyb

Sloup ve II.NP

Návrhová síla:

Med[KNm] 147,87

Prut:

B1274

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{0,00187 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 663,64 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{147,87}{663,64} \leq 1,0$$

$$0,223 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

22,28 %

Předpoklad, že obě maximální
vnitřní síly vzniknou na
stejném prvku.

Posudek:

Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu

Návrhová síla:

Ned[KN] = 421,91

Návrhová síla:

Med[KNm] 147,87

Podmínka únosnosti:

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + K_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{421,91}{0,414 \cdot 0,030492355 \cdot 10^6}}{1,00} + 0,956 \cdot \frac{\frac{147,87}{1,87 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}}{1,00} \leq 1$$

$$0,307 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

30,72 %

1.2 Sloup SL3 - B

Posudek:

Vzpěr**Sloup v I.NP**

Návrhová síla:

Ned[KN] = 2043,70

Prut:

B1284

Charakteristiky profilu:

Obecný profil

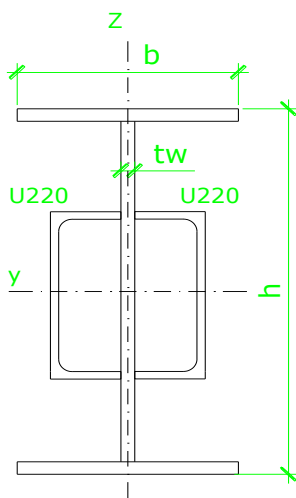
b [mm] = 300

h [mm] = 500

t_w [mm] = 15A [m²] = 0,02364I_y [m⁴] = 7,140 · 10⁻⁴I_z [m⁴] = 1,045 · 10⁻⁴W_{el,min} [m³] = 0,00286

Třída průřezu: 3

Výroba: svařovaný

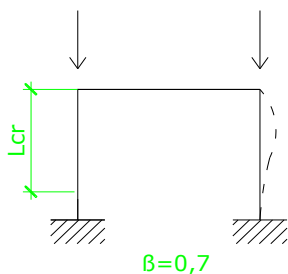


Křivka vzpěrné pevnosti:

vzpěr y-y c → a = 0,49

vzpěr z-z c → a = 0,49

a - součinitel imperfekce



L - délka sloupu v I. patře

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{0,00074}{0,02364}} = \quad i_y = 0,174 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{0,00010}{0,02364}} = \quad i_z = 0,066 \text{ m}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr_n} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 0,7 \cdot 5,710 = \quad L_{cr_y} = 3,997 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 0,7 \cdot 5,710 = \quad L_{cr_z} = 3,997 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{3,997}{0,174} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_y = 0,301$$

$$\lambda_z = \frac{3,997}{0,066} \cdot \frac{1}{76,399} = \quad \lambda_z = 0,787$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,301 - 0,2) + 0,301^2] = \quad \phi_y = 0,570$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,787 - 0,2) + 0,787^2] = \quad \phi_z = 0,954$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi = \frac{1}{0,570 + \sqrt{0,570^2 - 0,301^2}} = \quad \chi_y = 0,949$$

$$\chi = \frac{1}{0,954 + \sqrt{0,954^2 - 0,787^2}} = \quad \chi_z = 0,670$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,670 \cdot 23641 \cdot 10^6 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 5625,45 \text{ KN}$$

γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2043,70}{5625,45} \leq 1,0 \quad 0,363 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 36,33 %

Posudek:

Ohyb

Sloup v I.NP

Návrhová síla: Med[KNm] 624,56

Prut: B1300

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{0,00286 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = M_{c,Rd} = 1013,88 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{cb,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{624,56}{1013,88} \leq 1,0 \quad 0,616 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je: 61,60 %

Posudek:

Kombinace vzpěrného tlaku a ohybu

Návrhová síla: Ned[KN] = 2043,70

Prut: B1284

Návrhová síla: Med[KNm] 624,56

Moment ve směru osy z je zanedbán, hodnoty jsou příliš malé.

Podmínka únosnosti:

$$\frac{N_{ed}}{\chi \cdot A \cdot f_y} + K_{yy} \cdot \frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_y} \leq 1$$

$$\gamma_{M1} \quad \gamma_{M1}$$

$$\frac{204370}{0,670 \cdot 0,0236 \cdot 355 \cdot 10^6} + 0,886 \cdot \frac{62456}{2,86 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6} \leq 1$$

$$1,00 \quad 1,00$$

$$0,909 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 90,91 %

Trám I1 nevyhoví na ohyb, proto zvětšíme modul průřezu.
Přidáme prvek pod spodní pásnici I - profilu.

1.3 Trám I1 - C

Posudek:

Ohyb

Návrhová síla:

Med[KN] = 450,49

Prut:

B1220

Charakteristiky profilu: Obecný profil

b_a [mm] = 137

b_b [mm] = 140

h_a [mm] = 340

h_b [mm] = 140

t_w [mm] = 12

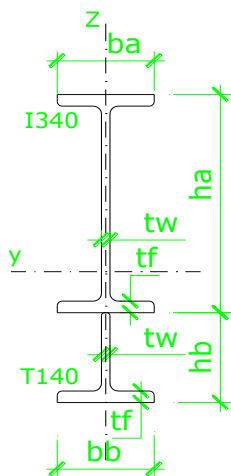
t_f [mm] = 18

A [mm²] = 8670

W_{ely} [mm³] = 1446200

Třída průřezu: 3

Výroba: válcovaný



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{1,446 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 513,40 \text{ KNm}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{450,49}{513,40} \leq 1,0 \qquad 0,877 \leq 1,00$$

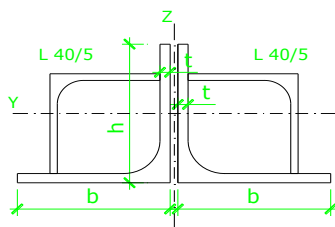
vyhoví

Využití průřezu je: 87,75 %

Střešní profil L2 - diagonála nevyhoví na vzpěr, spojením dolního pásu a tlačných diagonál profilem stejným jako je diagonála zkrátíme vzpěrnou délku v ose z o 1/2. Přidáním dvou L - profilů zvětšíme plochu průřezu a momenty setrvačnosti k oběma osám. Tuto úpravu provedeme pouze u dvou diagonál ve vazníku.

1.4 Střešní profil L2 - D - diagonála

Posudek: **Vzpěr**
 Návrhová síla: Ned[KN] = 170,31
 Prut: B647



Charakteristiky profilu: Obecný profil
 $A \text{ [mm}^2\text{]} = 2140$
 $I_y \text{ [mm}^4\text{]} = 714280$
 $I_z \text{ [mm}^4\text{]} = 1954300$
 Třída průřezu: 3
 Výroba: válcovaný

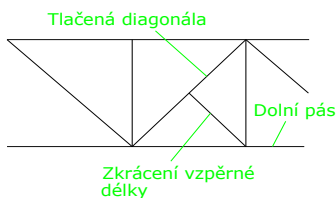
Křivka vzpěrné pevnosti:
 vzpěr y-y C → $\alpha = 0,49$
 vzpěr z-z C → $\alpha = 0,49$

Poloměr setrvačnosti:

$$i_n = \sqrt{\frac{I_n}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{7,142810^{-7}}{2,14 \cdot 10^{-6}}} = \qquad i_y = 0,018 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{1,9543 \cdot 10^{-6}}{2,14 \cdot 10^{-6}}} = \qquad i_z = 0,030 \text{ m}$$



Vzpěrná délka:

Vzpěrnou délku v ose z uvažujeme 1/2 délky diagonály.

$$L_{cr,y} = 1778 \text{ mm}$$

Vzpěrnou délku v ose y uvažujeme celou délkou diagonály.

$$L_{cr,z} = 3556 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{1,778}{0,018} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_y = 1,274$$

$$\lambda_z = \frac{3,556}{0,030} \cdot \frac{1}{76,399} = \lambda_z = 1,540$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,274 - 0,2) + 1,274^2] =$$

$$\phi_y = 1,574$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,540 - 0,2) + 1,540^2] =$$

$$\phi_z = 2,015$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi_y = \frac{1}{1,574 + \sqrt{1,574^2 - 1,274^2}} = \chi_y = 0,400$$

$$\chi_z = \frac{1}{2,015 + \sqrt{2,015^2 - 1,540^2}} = \chi_z = 0,302$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,302 \cdot 2140 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = N_{b,Rd} = 229,31 \text{ kN}$$

 γ_{M1} - dílčí součinitel materiálu

$$1,00$$

 f_y - mez kluzu oceli A - plocha průřezu

Posouzení:

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{170,31}{229,31} \leq 1,0 \quad 0,743 \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

Využití průřezu je:

74,27 %

Průvlak PR1 nevyhoví na kombinaci ohybu a smyku, využití průřezu je 100,25%. Na ohyb vyhoví průřez na 99,06%, proto posoudíme průřez pouze na ohyb. Zvětšíme modul průřezu přidáním T - profilu pod spodní pásnici.

1.5 Průvlak PR1 - E

Posudek:

Ohyb

Návrhová síla:

Med[KN] = 3387,25

Prut:

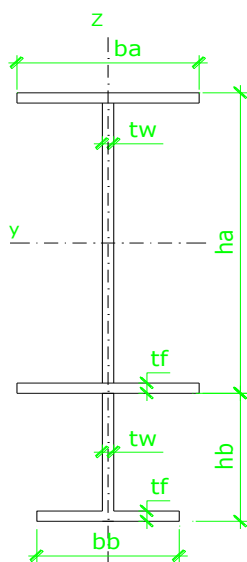
B113

Charakteristiky profilu: Obecný profil

 b_a [mm]= 320 b_b [mm]= 250 h_a [mm]= 920 h_b [mm]= 250 t_w [mm]= 20 t_f [mm]= 20 A [mm²]= 40000 W_{ply} [mm³]= 11042000

Třída průřezu: 3

Výroba: svařovaný



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{1,1042 \cdot 10^2 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} =$$

$$M_{c,Rd} = 3919,91 \text{ KNm}$$

 γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu

1,00

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3387,25}{3919,91} \leq 1,0$$

$$0,864 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

86,41 %

2. Posouzení mezního stavu použitelnosti:

2.1 Svislé a vodorovné průhyby

Největší průhyby δ_{\max} na jednotlivých prvcích byly počítány programem Scia Engineer pro nový stav konstrukce (po náhradě nevyhovujících prvků). Byla použita kvazistálá kombinace zatížení pro konečný průhyb.

Na průhyb ve stávající konstrukci nevyhověl pouze Trám T1.

Největší průhyb se stanoví ze vztahu:

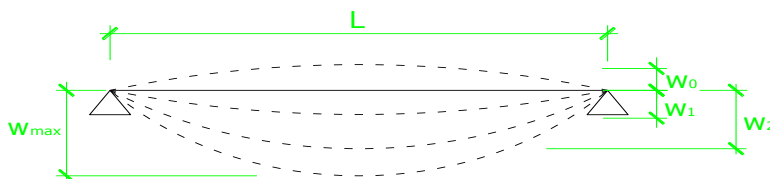
$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$

δ_{\max} - největší průhyb vztahený k přímce spojující podpory

δ_0 - nadvýšení nosníku v nezatíženém stavu

δ_1 - průhyb nosníku od stálých zatížení bezprostředně po zatížení

δ_2 - součet průhybů nosníku od proměnných zatížení a nárůst průhybu od stálých zatížení



Typ profilu:

Trám I1

Prut:

B1218

Délka[mm]:

6000

Průhyb δ_{\max} [mm]:

17,1

Limitní hodnoty:

$L/250 = 24,00$

17,10 < 24,00
vyhoví

3. Posouzení štíhlosti:**3.1 Sloup SL2 - A****Sloup v II.NP**

Vzpěrná délka:

$$L_{cr_n} = \beta \cdot L$$

$$L_{cr_y} = 1,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cr_y} = 7,510 \text{ m}$$

$$L_{cr_z} = 2,0 \cdot 7,510 =$$

$$L_{cr_z} = 15,020 \text{ m}$$

$$i_y = 0,111 \text{ m}$$

$$i_z = 0,158 \text{ m}$$

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{7510}{111} =$$

$$\lambda_y = 67,82$$

$$\lambda_z = \frac{15020}{158} =$$

$$\lambda_z = 94,95$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 200$$

vyhoví

3.2 Větrové ztužidlo V1

Vzpěrná délka:

Vzpěrnou délku zmenšíme o 10%, přihlédneme k připojení větrového ztužidla na styčnickový plech.

Takže prvek nevybočí v celé své délce.

Vzpěrnou délku v ose z uvažujeme celou délku diagonály.

Styčnickový plech nazabrání vybočení v ose z.

$$L_{cr,y} = 0,9 \cdot L$$

$$L_{cr,y} = 0,9 \cdot 9612$$

$$8651 \text{ mm}$$

Vzpěrnou délku v ose y uvažujeme půl délky diagonály.

Křížení diagonál zabrání vybočení uprostřed diagonály.

$$L_{cr,z} = 0,9 \cdot 0,5L$$

$$L_{cr,z} = 0,9 \cdot 0,5L$$

$$4325 \text{ mm}$$

$$i_y = 22,857 \text{ m}$$

$$i_z = 11,682 \text{ m}$$

Ověření:

Štíhlosti

Štíhlost prutu:

$$\lambda_n = \frac{L_{CR}}{i_n}$$

$$\lambda_y = \frac{8651}{22,857} =$$

$$\lambda_y = 378,475$$

$$\lambda_z = \frac{4325}{11,682} =$$

$$\lambda_z = 370,262$$

Podmínka:

$$\lambda_y, \lambda_z \leq 400 \text{ vyhoví}$$

Pro celkové zvětšení únosnosti stropu, bude vhodné navrhnout spřažení.

4. Spřažení stropu:

Charakteristiky materiálu:

Ocel S355

Y_{M0} - dílčí součinitel materiálu
1,00

$$f_{yk} = 355 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = f_{yk}/Y_{M0} = 355/1,0 = 355 \text{ Mpa}$$

$$E_y = 210 \text{ Gpa}$$

Beton C25/30

Y_c - dílčí součinitel materiálu
1,50

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd} = f_{ck}/Y_c = 25/1,5 = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

$$E_{cm} = 31,5 \text{ Gpa}$$

Betonářská výztuž B500B

Y_s - dílčí součinitel materiálu
1,15

$$f_{sk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{sd} = f_{sk}/Y_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ Mpa}$$

VSŽ plech 11 002 - 600x50x1,0

Y_v - dílčí součinitel materiálu
1,25

$$f_{vk} = 320 \text{ Mpa}$$

$$f_{vd} = f_{vk}/Y_v = 320/1,25 = 256,00 \text{ Mpa}$$

Spřahovací prostředky - ocel 11 343

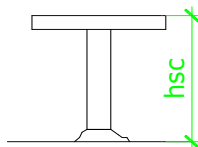
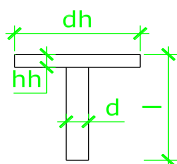
$$f_y = 220 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 330 \text{ Mpa}$$

$$f_y/f_u \geq 1,2$$

$$330/220 \geq 1,2$$

$$1,5 \geq 1,2 \text{ vyhoví}$$



Spřahovací prostředky:

$$\begin{aligned} d &= 18,2 \text{ mm} \\ l &= 107,0 \text{ mm} \\ d_h &= 31,3 \text{ mm} \\ h_h &= 8,0 \text{ mm} \\ h_{sc} &= l - 5 \text{ mm} = 107 - 5 = 102,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_{sc} \geq 3d$$

$$102 \geq 3 \cdot 18,2 \quad 102,0 \geq 55 \quad \text{vyhoví}$$

$$d_h \geq 1,5d$$

$$31,3 \geq 1,5 \cdot 18,2 \quad 31,3 \geq 27 \quad \text{vyhoví}$$

$$h_h \geq 0,4d$$

$$8,0 \geq 0,4 \cdot 18,2 \quad 8,0 \geq 7 \quad \text{vyhoví}$$

4.1 Trám I1

Efektivní šířky:

$$\begin{aligned} \text{pro } b_{eff1} - L_e &= 0,85L_1 = 0,85 \cdot 6 = 5,10 \text{ m} \\ \text{pro } b_{eff2} - L_e &= 0,25(L_1 + L_2) = 0,25(6 + 6) = 3,00 \text{ m} \\ \text{pro } b_{eff1'} - L_e &= 0,70L_2 = 0,70 \cdot 6 = 4,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$b_{e1,2} = L_e/8$$

$$\begin{aligned} \text{podpora} - b_{e1,2} &= 3/8 = 0,375 \text{ m} \\ \text{krajní pole} - b_{e1,2} &= 5,1/8 = 0,638 \text{ m} \\ \text{pole} - b_{e1,2} &= 4,2/8 = 0,525 \text{ m} \end{aligned}$$

krajní podpora:

$$\beta_i = \left(0,55 + 0,025 \frac{L_e}{b_{ei}} \right)$$

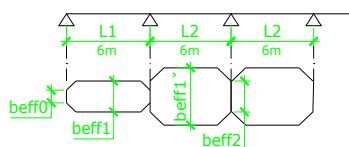
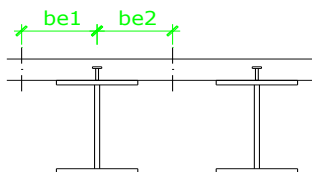
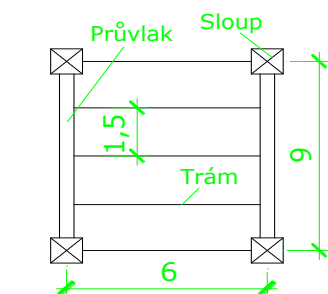
$$\beta_i = \left(0,55 + 0,025 \frac{3}{0,375} \right) = \beta_i = 0,75$$

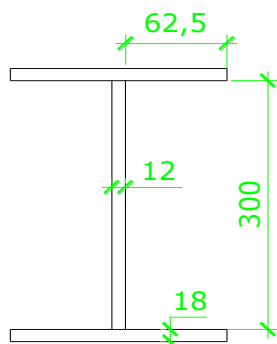
Podmínka:

$$\beta_i \leq 1,00 \quad \text{vyhoví}$$

$$\begin{aligned} b_{eff0} &= b_0 + \sum \beta_i \cdot b_{e1,2} \\ b_{eff0} &= 0 + 0,75 \cdot (0,375 + 0,375) = 0,563 \text{ m} \end{aligned}$$

b_0 - vzdálenost mezi osami
vnějších spřahovacích prvků
 $b_0 = 0$
jeden spřahovací prvek v řezu





$$\varepsilon = 0,814$$

Největší momenty vyšly v
krajním poli a nad podporou.

krajní pole:

$$b_{\text{eff1}} = b_0 + \sum b_{e1,2}$$

$$b_{\text{eff1}} = 0 + 2 \cdot 0,638 = 1,275 \text{ m}$$

podpora:

$$b_{\text{eff2}} = b_0 + \sum b_{e1,2}$$

$$b_{\text{eff2}} = 0 + 2 \cdot 0,375 = 0,75 \text{ m}$$

pole:

$$b_{\text{eff1}'} = b_0 + \sum b_{e1,2}$$

$$b_{\text{eff1}'} = 0 + 2 \cdot 0,525 = 1,05 \text{ m}$$

Klasifikace průřezu:

Zlepší se o jednu třídu, pokud je pásnice pevně spojena (trny)
s betonovou deskou.

$$\text{pásnice} - c/t = 62,5/18 = 3,47 \quad c/t \leq 9\varepsilon$$

$$3,47 \leq 7,33$$

$$\text{stojina} - c/t_w = 300/12 = 25 \quad c/t_w \leq 72\varepsilon$$

$$25 \leq 58$$

třída průřezu - 1

Tloušťka betonové desky:

$$h_c = 100 \quad \text{mm}$$

$$h_c \geq 40 \quad \text{mm} \quad \text{vyhoví}$$

Z důvodu ukotvení výrobní linky je tloušťka betonové desky 100 mm.

Posudek:

Ohyb

V krajním poli vyšel největší moment - působí ocel a beton

Návrhová síla: Med[KNm] 379,34

Výška I-profilu: $h_a = 340 \text{ mm}$

Poloha neutrálné osy je v ocelovém I-profilu.

$$F_c + F_{a1} = F_{a2}$$

$$A_a = A_{a1} + A_{a2}$$

$$A_a - \text{plocha ocelového profilu} \quad A_a = 8670 \text{ mm}^2$$

$$F_c = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_c \cdot b_{\text{eff1}'}$$

$$F_c = 0,85 \cdot 16,67 \cdot 100 \cdot 1250 = F_c = 1806,25 \text{ KN}$$

$$F_{a1} = A_{a1} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a1} = (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_c + (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_c + A_a \cdot f_{yd} - A_{a2} \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$A_{a2} = (F_c + A_a \cdot f_{yd}) / 2f_{yd}$$

$$A_{a2} = (1806,25 + 8,67 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6) / 2 \cdot 355 \cdot 10^6 =$$

$$A_{a2} = 6879 \text{ mm}^2$$

$$F_c + F_{a1} = F_{a2}$$

$$1806,25 + 635,80 = 2442,05$$

$$A_{a1} = A_a - A_{a2}$$

$$A_{a1} = 8670 - 6879 =$$

$$F_{a1} = 1791 \cdot 355 =$$

$$F_{a2} = 6879 \cdot 355 =$$

$$A_{a1} = 1791 \text{ mm}^2$$

$$F_{a1} = 635,80 \text{ KN}$$

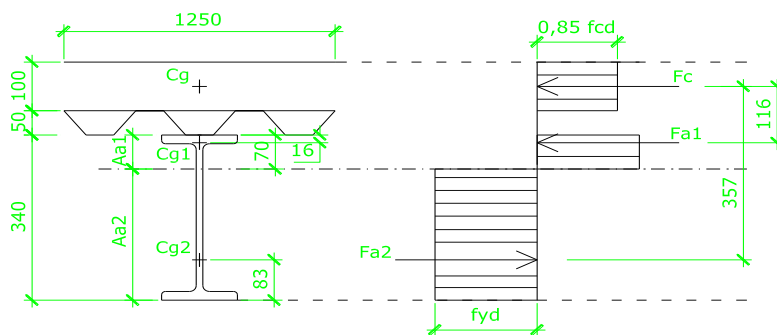
$$F_{a2} = 2442,05 \text{ KN}$$

Poměrově nalezená poloha neutrálné osy:

$$x = 70 \text{ mm}$$

Graficky odvozeny ramena sil:

Síly působí v těžišti jednotlivých částí



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd} = -F_{a1} \cdot 116 + F_{a2} \cdot 357$$

$$M_{pl,Rd} = -635,80 \cdot 116 + 2442,05 \cdot 357 =$$

$$M_{pl,Rd} = 798,06 \text{ KNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{379,34}{798,06} \leq 1,0$$

$$0,475 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

$$47,53 \%$$

Posudek:

Ohyb

Nad podporou vyšel největší moment - působí ocel a výztuž

Návrhová síla: Med[KNm] 450,49

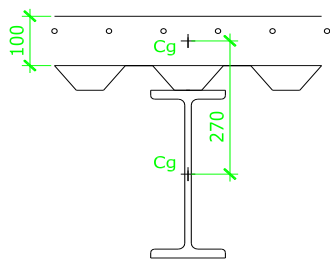
Poloha neutrálné osy je v ocelovém I-profilu.

$$F_s + F_{a1} = F_{a2}$$

$$A_a = A_{a1} + A_{a2}$$

A_a - plocha ocelového profilu

$$A_a = 8670 \text{ mm}^2$$

$\delta = 1,1$ - pro třídu průřezu 1 z_c - vzdálenost těžišťPřibližně lze brát $K_c = 0,9$

Podmínky pro výztuž:

$$A_s \geq \rho_s \cdot A_c$$

$$\sigma_s = \delta \cdot \frac{f_y}{235} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{sk}} \cdot \sqrt{K_c}$$

$$K_c = \frac{1}{1 + \frac{h_c}{2 z_c}} + 0,3 \leq 1,0$$

$$K_c = \frac{1}{1 + \frac{100}{2 \cdot 270}} + 0,3 \leq 1,0$$

$$K_c = 1,144$$

$$K_c = 0,90$$

$$\sigma_s = 1,1 \cdot \frac{355}{235} \cdot \frac{2,6}{500} \cdot \sqrt{0,9} =$$

$$\sigma_s = 0,007$$

 A_c - plocha betonové části

$$A_c = h_c \cdot b_{eff2}$$

$$A_c = 100 \cdot 750 =$$

$$A_c = 75000 \text{ mm}^2$$

$$A_s \geq 0,007 \cdot 75000$$

$$A_s \geq 5,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Plocha na jeden metr šířky

Návrh výztuže:

Kari síť 100x100x10

$$A_{st} = 7,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Plocha na b_{eff2}

$$A_{st} = 5,89 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Poloha neutrálné osy je v ocelovém I-profilu.

$$F_s + F_{a1} = F_{a2}$$

$$A_a = A_{a1} + A_{a2}$$

 A_a - plocha ocelového profilu

$$A_a = 8670 \text{ mm}^2$$

$$F_s = A_s \cdot f_{sd}$$

$$F_s = 5,89 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^6 =$$

$$F_s = 2559,78 \text{ KN}$$

$$F_{a1} = A_{a1} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a1} = (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_s + (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_s + A_a \cdot f_{yd} - A_{a2} \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$A_{a2} = (F_s + A_a \cdot f_{yd}) / 2f_{yd}$$

$$A_{a2} = (2559,78 + 8,67 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6) / 2 \cdot 355 \cdot 10^6 =$$

$$A_{a2} = 7940,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{a1} = A_a - A_{a2}$$

$$A_{a1} = 8670 - 7940,33 =$$

$$A_{a1} = 729,67 \text{ mm}^2$$

$$F_s + F_{a1} = F_{a2}$$

$$2559,78 + 259,03 = 2818,82$$

$$F_{a1} = 729,67 \cdot 355 =$$

$$F_{a1} = 259,03 \text{ KN}$$

$$F_{a2} = 7940,33 \cdot 355 =$$

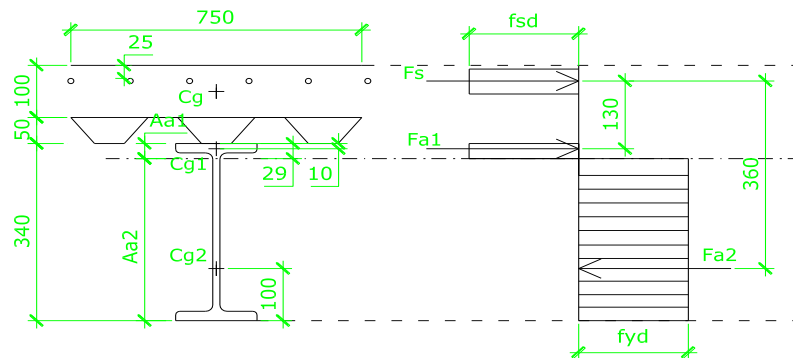
$$F_{a2} = 2818,82 \text{ KN}$$

Poměrově nalezená poloha neutrálné osy:

$$x = 29 \text{ mm}$$

Graficky odvozeny ramena sil:

Síly působí v těžišti jednotlivých částí



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd} = -F_{a1} \cdot 130 + F_{a2} \cdot 360$$

$$M_{pl,Rd} = -259,03 \cdot 130 + 2818,82 \cdot 360 =$$

$$M_{pl,Rd} = 981,10 \text{ KNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{450,49}{981,10} \leq 1,0$$

$$0,459 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

$$45,92 \%$$

Posudek:

Smyk

Návrhová síla:

Ved[KNm] : 370,66

$$t_w [\text{mm}] = 12$$

$$d [\text{mm}] = 300$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_u \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$$

$$A_u = t_w \cdot d$$

$$A_u = 12 \cdot 300 =$$

$$A_u = 3600 \text{ mm}^2$$

 t_w - tloušťka stojiny d - výška stojiny

$$V_{pl,Rd} = \frac{3600 \cdot 355}{1,00 \cdot \sqrt{3}} =$$

$$V_{pl,Rd} = 737,85 \text{ KN}$$

γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu 1,00

f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl, Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{370,66}{737,85} \leq 1,0 \quad 0,502 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je: 50,23 %

Posudek: **Únosnost trnu ve smyku**

Podélná smyková síla: $V_I = F_c$ [KN] = 1806,25

$$P_{Rd} = \min \left\{ \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}{\gamma_v}, \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}}{\gamma_v} \right\}$$

α - korelační součinitel

$h_{sc}/d > 4 \rightarrow \alpha = 1,0$

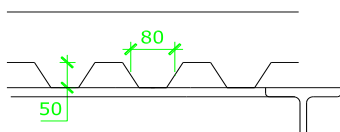
$\alpha = 102/18,2 = 5,60 \quad \alpha = 1,00$

$$P_{Rd} = \min \left\{ \frac{0,8 \cdot 330 \cdot 10^6}{1,25} \cdot \frac{\pi \cdot (18,2 \cdot 10^{-3})^2}{4}, \frac{0,29 \cdot 1,0 \cdot (18,2 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31,5}}{1,25} \right\} =$$

54,94 KN
68,20 KN

Redukční součinitel - vliv žeber:

Žebra kolmo k podpůrným nosníkům



$$K_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$$K_t = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{80}{50} \left(\frac{102}{50} - 1 \right) =$$

$K_t = 1,165$

n_r - počet trnů v jednom řezu

$n_r = 1$

t - tloušťka plechu

$t = 1 \text{ mm}$

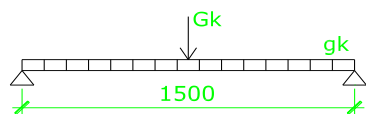
$K_{t,max}$ - horní limitní hodnota K_t

0,85

$$K_t \leq K_{t,max}$$

1,165 ≤ 0,85
nevyhoví

Redukční součinitel $K_t = 0,85$



VSŽ plech 11 002,
600x50x1,0

Počet trnů:

$$n = F_c / K_t \cdot P_{rd}$$

$$n = 1806,25 / 0,85 \cdot 54,94 = \quad n = 38,68$$

Navržený počet trnů: $n = 40$

Délka trámu - 6m → rozmístění trnů po 150 mm

Posudek:

Únosnost trapézového plechu

Spojité zatížení v montážním stavu od mokrého betonu.

Navýšení objemové hmotnosti betonu o 20%, vlivem vlhkosti betonu

$$g_k = (h_c + 0,5h_p) \cdot \gamma \cdot 1,5$$

$$g_k = 1,2 \cdot (100 + 0,5 \cdot 50) \cdot 25 \cdot 1,5 = \quad g_k = 5,625 \text{ KNm}$$

γ - beton

$$\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$$

h_p - výška trapézového plechu

$$h_p = 50 \text{ mm}$$

Samostatné břemeno:

$$G_k = 1 \text{ KN}$$

Návrhové hodnoty:

$$g_d = \gamma \cdot g_k$$

$$g_d = 1,35 \cdot 5,625 = \quad g_d = 7,59 \text{ KNm}$$

$$G_d = \gamma \cdot G_k$$

$$G_d = 1,5 \cdot 1 = \quad G_d = 1,5 \text{ KN}$$

Moment:

$$M_{ed} = 1/8 \cdot g_d \cdot 1,5^2 + 1/4 \cdot 1,5 \cdot G_d$$

$$M_{ed} = 1/8 \cdot 7,59 \cdot 1,5^2 + 1/4 \cdot 1,5 \cdot 1,5 = \quad 2,698 \text{ KNm}$$

TR 40S/150, tl. 1,0 mm, S320G

Efektivní průřezový modul na 1 m šířky -

$$W_{y,eff} = 1,194 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_{rd} = W_{y,eff} \cdot f_{vd}$$

$$M_{rd} = 1,194 \cdot 10^{-5} \cdot 256 \cdot 10^6 = \quad M_{rd} = 3,057 \text{ KNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2,698}{3,057} \leq 1,0$$

$$0,883 \leq 1,00$$

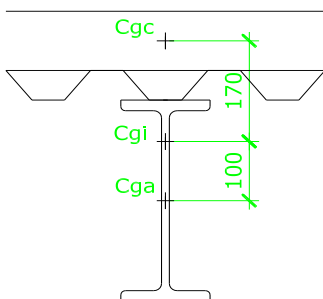
vyhoví

Využití průřezu je:

$$88,27 \%$$

Spřažený prvek $g_{k1} + g_{k2}$

Spřažený průřez v poli



Posudek:

Mezní stav použitelnosti - průhyb

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{gl^4}{E_a \cdot I_i}$$

g - charakteristická hodnota zatížení (vlastní tíha, ostatní stálé zatížení - betonový strop, nahodilé užité zatížení - skladování materiálu)

$$g_{k1} = 0,680 \text{ KN/m}$$

$$g_{k2} = 4,688 \text{ KN/m}$$

$$q_{k3} = 66,63 \text{ KN/m}$$

 E_a - modul pružnosti ocelového profilu

$$E_a = 210 \text{ GPa}$$

 I_i - moment setrvačnosti spřaženého průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + 1/n(I_c + A_c \cdot z_c^2)$$

$$n = E_a/E_c$$

$$n = 210/31,5$$

 E_c - modul pružnosti betonu

$$n = 6,667$$

$$E_c = 31,5 \text{ GPa}$$

$$I_a = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$A_a = 0,00867 \text{ m}^2$$

$$I_c = 1,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$A_c = 0,125 \text{ m}^2$$

 I_a - moment setrvačnosti ocelového průřezu A_a - plocha ocelového průřezu I_c - moment setrvačnosti betonové části A_c - plocha betonové části l - délka trámu

$$l = 6 \text{ m}$$

$$I_i = 1,57 \cdot 10^{-4} + 0,00867 \cdot 0,1^2 + 1/6,667(1,04 \cdot 10^{-4} + 0,125 \cdot 0,170^2)$$

$$I_i = 0,00080 \text{ m}^4$$

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0,680 + 4,688 + 66,63) \cdot 10^3 \cdot 6^4}{210 \cdot 10^9 \cdot 0,0008} =$$

$$w = 7,2 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = l/250$$

$$w_{lim} = 6000/250 =$$

$$w_{lim} = 24 \text{ mm}$$

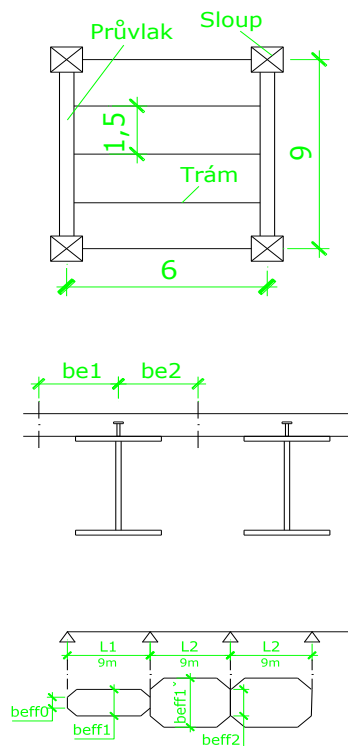
Posouzení:

$$w = 7,2 \leq w_{lim} = 24,00$$

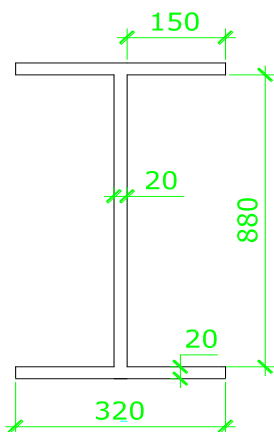
vyhoví

Využití průřezu je:

$$30,09 \%$$



b_0 - vzdálenost mezi osami
vnějších spřahovacích prvků
 $b_0 = 0$
jeden spřahovací prvek v řezu



$$\varepsilon = 0,814$$

4.2 Průvlak PR1

Efektivní šířky:

$$\begin{aligned} \text{pro } b_{\text{eff}1} - L_e &= 0,85L_1 = 0,85 \cdot 9 = 7,65 \text{ m} \\ \text{pro } b_{\text{eff}2} - L_e &= 0,25(L_1 + L_2) = 0,25(9 + 9) = 4,50 \text{ m} \\ \text{pro } b_{\text{eff}1'} - L_e &= 0,70L_2 = 0,70 \cdot 9 = 6,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{e1,2} &= L_e/8 \\ \text{podpora} - b_{e1,2} &= 4,5/8 = 0,563 \text{ m} \\ \text{krajní pole} - b_{e1,2} &= 7,65/8 = 0,956 \text{ m} \\ \text{pole} - b_{e1,2} &= 6,3/8 = 0,788 \text{ m} \end{aligned}$$

krajní podpora:

$$\beta_i = \left(0,55 + 0,025 \frac{L_e}{b_{ei}} \right)$$

$$\beta_i = \left(0,55 + 0,025 \frac{4,5}{0,563} \right) = \beta_i = 0,75$$

Podmínka:

$$\beta_i \leq 1,00$$

vyhoví

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}0} &= b_0 + \sum \beta_i \cdot b_{e1,2} \\ b_{\text{eff}0} &= 0 + 0,75 \cdot (0,563 + 0,563) = 0,844 \text{ m} \end{aligned}$$

krajní pole:

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}1} &= b_0 + \sum b_{e1,2} \\ b_{\text{eff}1} &= 0 + 2 \cdot 0,956 = 1,913 \text{ m} \end{aligned}$$

podpora:

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}2} &= b_0 + \sum b_{e1,2} \\ b_{\text{eff}2} &= 0 + 2 \cdot 0,563 = 1,125 \text{ m} \end{aligned}$$

pole:

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}1'} &= b_0 + \sum b_{e1,2} \\ b_{\text{eff}1'} &= 0 + 2 \cdot 0,788 = 1,575 \text{ m} \end{aligned}$$

Klasifikace průřezu:

Zlepší se o jednu třídu, pokud je pásnice pevně spojena (trny) s betonovou deskou.

$$\begin{aligned} \text{pásnice} - c/t &= 150/20 = 7,5 & c/t &\leq 10\varepsilon \\ & & 7,5 &\leq 8,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{stojina} - c/t_w &= 880/20 = 44 & c/t_w &\leq 72\varepsilon \\ & & 44 &\leq 58 \end{aligned}$$

třída průřezu - 1

Největší momenty vyšly v
krajním poli a nad podporou.

Posudek:

Ohyb

V krajním poli vyšel největší moment - působí ocel a beton

Návrhová síla: Med[KNm] 2393,07

Výška I-profilu: $h_a = 920$ mm

Poloha neutrálné osy je v ocelovém I-profilu.

$$F_c + F_{a1} = F_{a2}$$

$$A_a = A_{a1} + A_{a2}$$

$$A_a - \text{plocha ocelového profilu} \quad A_a = 30400 \text{ mm}^2$$

$$F_c = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot h_c \cdot b_{\text{eff}1'}$$

$$F_c = 0,85 \cdot 16,67 \cdot 100 \cdot 1910 = \quad F_c = 2709,38 \text{ KN}$$

$$F_{a1} = A_{a1} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a1} = (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_c + (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_c + A_a \cdot f_{yd} - A_{a2} \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$A_{a2} = (F_c + A_a \cdot f_{yd}) / 2f_{yd}$$

$$A_{a2} = (2709,38 + 3,04 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6) / 2 \cdot 355 \cdot 10^6 =$$

$$A_{a2} = 19016 \text{ mm}^2$$

$$A_{a1} = A_a - A_{a2}$$

$$A_{a1} = 30400 - 19016 =$$

$$A_{a1} = 11384 \text{ mm}^2$$

$$F_{a1} = 11384 \cdot 355 =$$

$$F_{a1} = 4041,31 \text{ KN}$$

$$F_{a2} = 19016 \cdot 355 =$$

$$F_{a2} = 6750,69 \text{ KN}$$

$$F_c + F_{a1} = F_{a2}$$

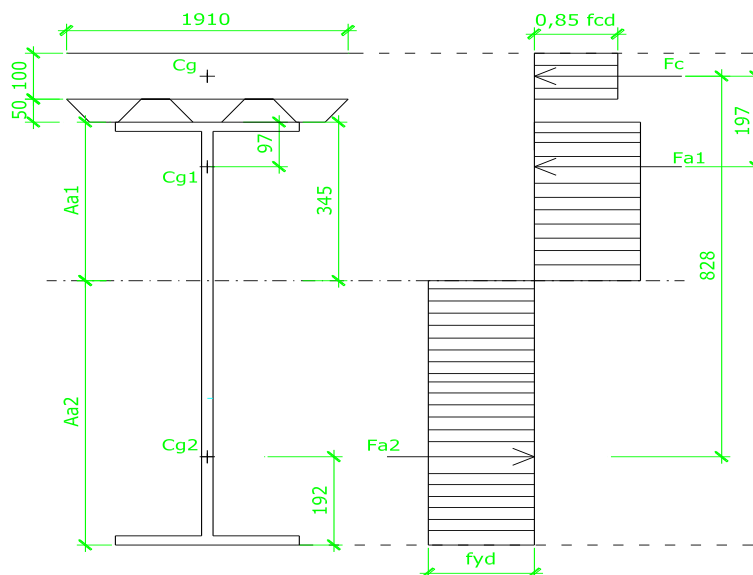
$$2709,38 + 4041,31 = 6750,69$$

Poměrově nalezená poloha neutrálné osy:

$$x = 345 \text{ mm}$$

Graficky odvozeny ramena sil:

Síly působí v těžišti
jednotlivých částí



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd} = -F_{a1} \cdot 197 + F_{a2} \cdot 828$$

$$M_{pl,Rd} = -4041,31 \cdot 197 + 6750,69 \cdot 828 =$$

$$M_{pl,Rd} = 4793,43 \text{ KNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2393,07}{4793,43} \leq 1,0$$

$$0,499 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

$$49,92 \%$$

Posudek:

Ohyb

Nad podporou vyšel největší moment - působí ocel a výztuž

Návrhová síla: Med[KNm] 3387,24

Poloha neutrálné osy je v ocelovém I-profilu.

$$F_s + F_{a1} = F_{a2}$$

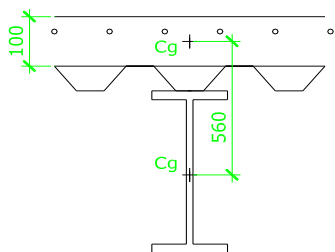
$$A_a = A_{a1} + A_{a2}$$

A_a - plocha ocelového profilu

$$A_a = 30400 \text{ mm}^2$$

Podmínky pro výztuž:

$$A_s \geq \rho_s \cdot A_c$$

 $\delta = 1,1$ - pro třídu průřezu 1


$$\sigma_s = \delta \cdot \frac{f_y}{235} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{sk}} \cdot \sqrt{K_c}$$

$$K_c = \frac{1}{1 + \frac{h_c}{2 z_c}} + 0,3 \leq 1,0$$

$$K_c = \frac{1}{1 + \frac{100}{2 \cdot 560}} + 0,3 \leq 1,0$$

$$K_c = 1,218$$

$$K_c = 0,90$$

$$\sigma_s = 1,1 \cdot \frac{355}{235} \cdot \frac{26}{500} \cdot \sqrt{0,9} =$$

$$\sigma_s = 0,007$$

z_c - vzdálenost těžišťPřibližně lze brát K_c = 0,9A_c - plocha betonové části

$$A_c = h_c \cdot b_{eff2}$$

$$A_c = 100 \cdot 1125 =$$

$$A_c = 112500 \text{ mm}^2$$

$$A_s \geq 0,007 \cdot 112500$$

$$A_s \geq 8,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Plocha na jeden metr šířky

Návrh výztuže:

Kari síť 100x100x10

$$A_{st} = 7,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Plocha na b_{eff2}

$$A_{st} = 8,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Poloha neutrálné osy je v ocelovém I-profilu.

$$F_s + F_{a1} = F_{a2}$$

$$A_a = A_{a1} + A_{a2}$$

 A_a - plocha ocelového profilu

$$A_a = 30400 \text{ mm}^2$$

$$F_s = A_s \cdot f_{sd}$$

$$F_s = 8,38 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^6 =$$

$$F_s = 3839,67 \text{ KN}$$

$$F_{a1} = A_{a1} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_{a1} = (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd}$$

$$F_{a2} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_s + (A_a - A_{a2}) \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$F_s + A_a \cdot f_{yd} - A_{a2} \cdot f_{yd} = A_{a2} \cdot f_{yd}$$

$$A_{a2} = (F_s + A_a \cdot f_{yd}) / 2f_{yd}$$

$$A_{a2} = (3839,67 + 3,04 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6) / 2 \cdot 355 \cdot 10^6 =$$

$$A_{a2} = 20608 \text{ mm}^2$$

$$A_{a1} = A_a - A_{a2}$$

$$A_{a1} = 30400 - 20608 =$$

$$A_{a1} = 9792 \text{ mm}^2$$

$$F_s + F_{a1} = F_{a2}$$

$$3839,67 + 3476,16 = 7315,84$$

$$F_{a1} = 9792 \cdot 355 =$$

$$F_{a1} = 3476,16 \text{ KN}$$

$$F_{a2} = 20608 \cdot 355 =$$

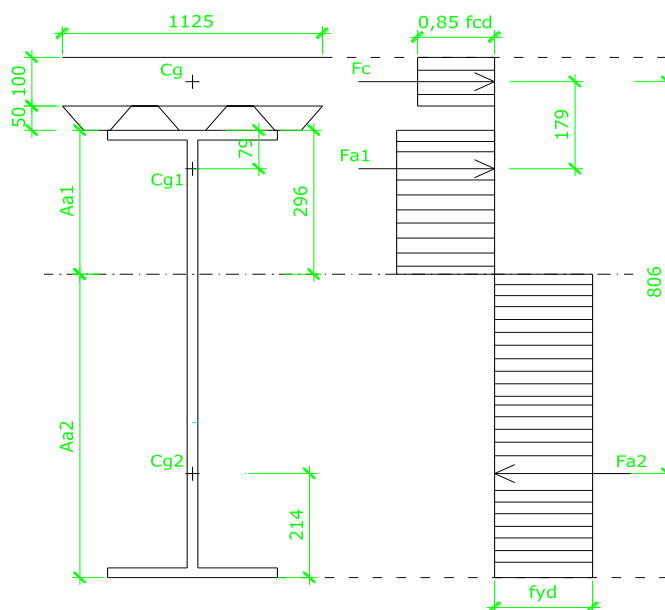
$$F_{a2} = 7315,84 \text{ KN}$$

Poměrově nalezená poloha neutrálné osy:

$$x = 296 \text{ mm}$$

Graficky odvozeny ramena sil:

Síly působí v těžišti jednotlivých částí



Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd} = -F_{a1} \cdot 179 + F_{a2} \cdot 806$$

$$M_{pl,Rd} = -3476,16 \cdot 179 + 7315,84 \cdot 806 =$$

$$M_{pl,Rd} = 5274,33 \text{ KNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{3387,24}{5274,33} \leq 1,0$$

$$0,642 \leq 1,00$$

vyhoví

Využití průřezu je:

$$64,22 \%$$

Posudek:

Smyk

Návrhová síla:

Ved[KNm] : 2001,19

$$t_w [\text{mm}] = 20$$

$$d [\text{mm}] = 880$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_u \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$$

$$A_u = t_w \cdot d$$

$$A_u = 20 \cdot 880 =$$

$$A_u = 17600 \text{ mm}^2$$

 t_w - tloušťka stojiny d - výška stojiny

$$V_{pl,Rd} = \frac{17600 \cdot 355}{1,00 \cdot \sqrt{3}} =$$

$$V_{pl,Rd} = 3607,28 \text{ KN}$$

 γ_{M0} - dílčí součinitel materiálu

$$1,00$$

 f_y - mez kluzu oceli

Posouzení:

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{2001,19}{3607,28} \leq 1,0$$

$$0,555 \leq 1,00$$

vyhoví

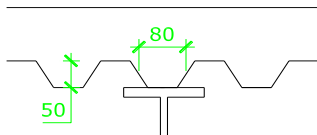
Využití průřezu je:

$$55,48 \%$$

Posudek: **Únosnost trnu ve smyku**
 Podélná smyková síla: $V_l = F_c \text{ [KN]} = 2709,38$

Stejně jako u Trámu I1 -
 $Prd_{min} = 54,94 \text{ KN}$

Redukční součinitel - vliv žeber:
 Žebra rovnoběžně k podpurným nosníkům



$$K_l = \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$K_l = \frac{80}{50} \left(\frac{102}{50} - 1 \right) \leq 1,0$$

$$K_l = 1,664$$

$$\begin{array}{rcl} K_l & \leq & 1,00 \\ 1,664 & \leq & 1,00 \\ & \text{nevyhoví} & \end{array}$$

Redukční součinitel $K_t = 1,00$

Počet trnů:

$$n = F_c / K_l \cdot P_{rd}$$

$$n = 1806,25 / 1,00 \cdot 54,94 = n = 52$$

Navržený počet trnů: $n = 60$

Stejná jako u Trámu I1

Délka průvlaku - 9 m → rozmístění trnů po 150 mm

Posudek: **Mezní stav použitelnosti - průhyb**

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{gl^4}{E_a \cdot I_i}$$

g - charakteristická hodnota zatížení (vlastní tíha, ostatní stálé zatížení - betonový strop, nahodilé užité zatížení - skladování materiálu)

Spřažený prvek $g_{k1} + g_{k2}$

$$g_{k1} = 2,386 \text{ KN/m}$$

$$g_{k2} = 3,938 \text{ KN/m}$$

$$q_{k3} = 66,63 \text{ KN/m}$$

E_a - modul pružnosti ocelového profilu

$$E_a = 210 \text{ Gpa}$$

I_i - moment setrvačnosti spřaženého průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + 1/n (I_c + A_c \cdot z_c^2)$$

$$n = E_a / E_c$$

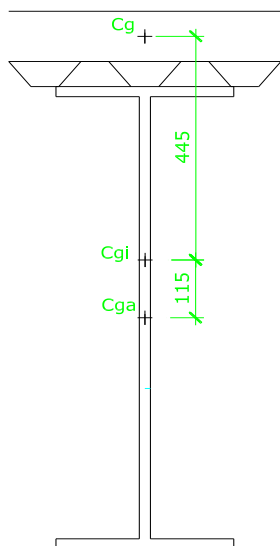
$$n = 210 / 31,5$$

E_c - modul pružnosti betonu

$$n = 6,667$$

$$E_c = 31,5 \text{ Gpa}$$

Spřažený průřez v poli



$$I_a = 3,728 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$A_a = 0,0304 \text{ m}^2$$

$$I_c = 1,313 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$A_c = 0,1575 \text{ m}^2$$

I_a - moment setrvačnosti ocelového průřezu

A_a - plocha ocelového průřezu

I_c - moment setrvačnosti betonové části

A_c - plocha betonové části

l - délka průvlaku

$$l = 9 \text{ m}$$

$$I_i = 3,73 \cdot 10^{-3} + 0,0304 \cdot 0,115^2 + 1/6,667(1,31 \cdot 10^{-4} + 0,1575 \cdot 0,445^2)$$

$$I_i = 0,00883 \text{ m}^4$$

$$w = \frac{5}{384} \cdot \frac{(2,386 + 3,938 + 66,63) \cdot 10^3 \cdot 9^4}{210 \cdot 10^9 \cdot 0,0088} =$$

$$w = 3,4 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = l/250$$

$$w_{lim} = 9000/250 =$$

$$w_{lim} = 36 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$w = 3,4 \leq w_{lim} = 36,00$$

vyhoví

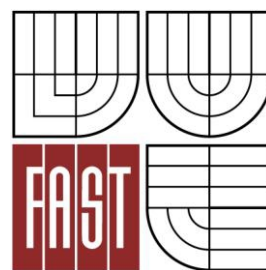
Využití průřezu je:

$$9,34 \%$$

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

REKONSTRUKCE NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE
DVOUPODLAŽNÍHO OBJEKTU

TECHNICKÁ ZPRÁVA –
NOVÝ STAV KONSTRUKCE

Obsah

1.	ÚVODNÍ INFORMACE	- 3 -
2.	PODKLADY PRO NÁVRH REKONSTRUKCE STÁVAJÍCÍHO STAVU	- 3 -
3.	METODIKA NÁVRHU	- 3 -
4.	NÁVRH REKONSTRUKCÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU KONSTRUKCE	- 4 -
5.	DOPORUČENÍ UŽIVATELI OBJEKTU.....	- 6 -
6.	SROVNÁNÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU A NOVÉHO STAVU	- 6 -

1. Úvodní informace

Při návrhu rekonstrukce objektu se vycházelo ze statického výpočtu stávajícího stavu, při němž bylo zjištěno, že největším problémem objektu, je únosnost stropu a sloupů. Hledala se tedy alternativa, jak zajistit požadovanou únosnost, zejména od nahodilého zatížení od vstupního a výstupního materiálu. Tato hodnota činí $44,42 \text{ KN/m}^2$ a přenáší se přes stropní konstrukci do sloupů. Podmínkou pro provádění rekonstrukcí bylo, co nejmenší omezení výroby v objektu. Nejlepší variantou tudíž bylo, přivážit k nevyhovujícím ocelovým prvkům objektu další ocelový prvek. Uvažovalo se i se spřažením stropu, ale to už by značně omezilo výrobu v objektu.

2. Podklady pro návrh rekonstrukce stávajícího stavu

Jako podklad pro návrh nového stavu nevyhovujících prvků objektu byly použity následující dokumenty:

- Statický výpočet – stávající stav
- Technická zpráva – stávající stav
- Ocelové prvky dle válcovacího programu Ferona
- ČSN EN 1994-1 „Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí“
- ČSN EN 1993-1 „Navrhování ocelových konstrukcí“
- Všeobecné podklady od správce budovy

3. Metodika návrhu

Návrh změn v konstrukci je proveden na základě mezních stavů únosnosti a použitelnosti s respektováním platných norem.

4. Návrh rekonstrukcí stávajícího stavu konstrukce

Sloup SL2 nevyhověl na vzpěr a kombinaci vzpěrného tlaku a ohybu, ke stojině stávajícího sloupu přivaříme nesymetrický I-profil, menší přírubou ke stojině stávajícího sloupu. Tak zajistíme jeho únosnost zvětšením plochy průřezu a momentu setrvačnosti. Výška přidávaného nesymetrického prvku je $h_n = 265 \text{ mm}$, šířka menší pásnice $b_n = 150 \text{ mm}$ a šířka větší pásnice $b_n = 250 \text{ mm}$.

Sloup SL3 nevyhověl na kombinaci vzpěrného tlaku a ohybu. Sloup SL3 je obvodový sloup objektu, z tohoto důvodu musíme respektovat jen omezený přístup ke sloupu, proto je nejlepší varianta přivaření profilu U220 dovnitř (ke stojině) stávajícího sloupu SL3. Pro zajištění větší tuhosti bude profil U220 otočen otevřenou stranou dovnitř stávajícího sloupu SL3.

Trám I1 nevyhověl na ohyb, přivařením profilu T140 stojinou pod spodní přírubu stávajícího trámu I1, zvětšíme modul průřezu profilu a tudíž ohybovou tuhost prvku. Výška profilu se tudíž zvětší o 140 mm. Nejmenší světlá výška budovy v I.NP se nezmění, tu udávají výšky průvlaků. Průhyb, který byl na stávajícím prvku I1 31,5 mm, se zmenšil po přidání profilu T140 na 17 mm. Při realizaci zesílení je třeba zajistit vyklizení části prostoru v I.NP tak, aby se konstrukce dala přivařit, ale zároveň je třeba zajistit, aby ani na stropě ve II.NP nebylo v době provádění žádné nahodilé zatížení, které by vytvořilo dodatečný průhyb konstrukce a tím celkové snížení únosnosti.

Střešní profil L2 - diagonála nevyhoví na vzpěr, spojením dolního pásu vazníku a tlačných diagonál profilem stejným jako je diagonála, zkrátíme vzpěrnou délku v ose z o polovinu. Přidáním dvou profilů L40/5 (profily se přidají z každé strany stávajícího profilu 2L-90/90/8), zvětšíme plochu průřezu a momenty setrvačnosti k oběma osám. Profily L40/5 budou přivařeny otevřenou stranou ke stávajícímu průřezu. Profily tedy vytvoří uzavřený průřez. Tuto úpravu provedeme pouze u dvou diagonál ve vazníku a to v druhém a předposledním poli vazníku.

Průvlak PR1 nevyhoví na kombinaci ohybu a smyku, větší podíl na kombinaci má ohyb, proto přivaříme pod spodní pásnici stávajícího průřezu svařovaný

T-profil. Nejprve se přivaří stojina výšky $h_b = 230$ mm a tloušťky $t_w = 20$ mm, následně se přivaří pásnice šířky $b_b = 250$ mm a tloušťky $t_f = 20$ mm.

Celková výška průvlatu se zvětší o 250 mm na 1170 mm, tato výška bude udávat nejmenší světlou výšku v I.NP a bude ovlivňovat skladebný prostor v objektu pro vstupní a výstupní materiál. Při realizaci zesílení platí stejné požadavky na vyklizení části prostoru v I.NP a zatížení v II.NP, jako u zesílení trámu I1.

U všech připojovaných prvků budou svary provedeny po celé délce prvku a budou tloušťky 5 mm. Ocelové prvky po provedení zesílení jsou okamžitě schopné přenášet zatížení a vyhoví na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

Další variantou pro zvýšení celkové únosnosti stropu je spřažení stropu. Jak už bylo řečeno výše, problémem je omezení výroby a skladování v celém objektu. Stávající konstrukce stropu, kterou tvoří ocelové nosníky (průvlaty a trámy) a železobetonová deska tloušťky 200 mm, se nahradí ocelobetonovou spřaženou deskou. Ocelobetonová spřažená stropní deska se bude skládat z betonové desky tloušťky 100 mm, spřahovacích prostředků (trnů), trapézového plechu a stávajících ocelových nosníků. Tloušťka betonové desky 100 mm byla stanovena z potřeby kotvení výrobní linky. Do betonové desky bude přidána výztuž B500B v podobě kari sítě 100x100x10. Krytí výztuže bude 25 mm. Krytí musí být dodrženo s ohledem na pojezd vysokozdvížných vozíků, které jezdí jak mimo objekt, tak v objektu. Bude použita jakost betonu C25/30. Rozhodující rozměry trnů jsou průměr $d = 18,2$ mm a délka $l = 107$ mm. Trny budou přivařeny na stávající ocelové prvky stropu ve vzdálenosti 150 mm. Mezi betonovou deskou a stávajícími ocelovými nosníky, bude trapézový plech

TR 40S/150, tl. 1,0 mm, S320G, který bude zároveň při realizaci sloužit jako bednění. Před realizací samotného spřažení se musí odstranit stávající železobetonová deska tloušťky 200 mm. Na stávající ocelové profily se položí trapézový plech a vytvoří se bednění, do kterého se po navaření trnů na ocelové profily a položení výztuže načerpá čerstvý beton. Když bude beton bez rychlotvrdnoucích přísad, měl by zrát 28 dní, po tuto dobu nebude možné zatížit strop nahodilým zatížením. Navíc trapézový plech je dimenzován na mokré beton o tloušťce 100 mm a nahodilé zatížení 1 kN, tudíž při překročení tohoto zatížení, by se měla celé konstrukce podepřít stojkami.

5. Doporučení uživateli objektu

Velmi vysoká hodnota nahodilého zatížení od výstupního a vstupního materiálu způsobuje přetěžování stropu a sloupů objektu. Pro zvýšení bezpečnosti i po rekonstrukci stropu je doporučeno zmenšit nahodilé zatížení stropu. Konkrétně snížit počet papírových rolí ukládaných nad sebe alespoň ze tří kusů na dva.

To by znamenalo snížení nahodilého zatížení na strop z 44,42 KN/m² na 29,61 KN/m². Dále se doporučuje ustanovit opatření pro vysokozdvizné vozíky, které by se neměly při převážení materiálu dostat vedle sebe. Je také možné na vysokozdvizných vozících vyměnit vzduchové pneumatiky s dynamickým součinitelem $\phi_{dyn} = 1,4$, za jiný typ pneumatik s menším dynamickým součinitelem. Tento dynamický součinitel by se musel experimentálně ověřit, protože menší hodnoty dynamických součinitelů norma neuvádí.

6. Srovnání stávajícího stavu a nového stavu

Navržené varianty budou porovnány z hlediska pracnosti, váhy a ceny. Méně pracná varianta bude varianta s přivařením ocelových prvků ke stávajícímu stavu, už z důvodu počtu kvalifikovaných lidí, kteří jsou na tuto rekonstrukci potřeba. Přivaření ocelových profilů ke sloupům, by nemělo vyvolat žádné výrobní problémy v objektu. Přivaření ocelových profilů k průvlakům a trámům, už bude z hlediska manipulace s navrženými profily pod stropem, přesností jejich osazení a výrobou v objektu složitější. Při připojování nových prvků se musí omezit provoz v II.NP z důvodu dodatečného průhybu. Nejvíce problémové a nejvíce pracné bude připojení nových diagonál do vazníku a připojení nového profilu na stávající profil vazníku. Musí být dodrženo přesné umístění nových profilů. Nejprve se přivaří na diagonály a dolní pás vazníku nové styčnickové plechy a poté se mohou připojit nové prvky. Tyto práce budou prováděny ve značné výšce. Proto by měly být dodrženy předpisy o práci ve výškách. Všechny připojované prvky se musí opatřit antikoročním nátěrem a protipožárním nátěrem. Velkou výhodou je, že nové prvky jsou okamžitě únosné. Hodinová sazba svářeče se státní svářečskou zkouškou se pohybuje mezi 350 – 500 Kč/hod. Průměrné ceny ocelových prvků se pohybují mezi 20 – 25 Kč/kg. Z tabulek uvedených níže tedy vyplývá orientační cena

materiálu potřebného při rekonstrukci méně pracné varianty. Celková hmotnost potřebné oceli je 125, 32 t a cena materiálu je 3 150 000 Kč.

Pracovně náročnější varianta rekonstrukce je spřažení stropu a zesílení sloupů. Provoz v objektu by musel být prakticky zastaven (v I.NP po dobu rekonstrukce a zrání betonu, ve II.NP po dobu rekonstrukce). Práce na spřažení stropu by měli probíhat v několika fázích, nejprve se musí vybourat stávající železobetonová deska stropu a suť ekologicky zlikvidovat. V další fázi by se měl strop připravit na betonáž (bednění, navaření trnů a uložení výztuže) a posléze vybetonovat. Konkrétní postup je uveden výše. Nově vzniklá železobetonová deska se musí pravidelně kropit, aby nedošlo k hydrataci betonu. Tento postup je ve všech ohledech náročnější, než postup svařování. Zejména na manipulaci s betonem v objektu, na kvalifikované pracovní síly, na časovou náročnost a omezení výroby. Naopak výhodou této rekonstrukce je celková váha konstrukce a únosnost stropu, které značně převyšuje potřeby výroby a manipulace se vstupním a výstupním materiálem. Celková váha konstrukce je lehčí o 585, 77 t oproti původnímu stavu. Výhodou je i umístění objektu, který je 10 km od nejbližší betonárky. Cena betonu je orientačně 2500 Kč/m³. Cena potřebného betonu při rekonstrukci bude zhruba 650 000 Kč. Cena kari sítě je přibližně 150 Kč/m², to znamená, že cena za výztuž do betonu je zhruba 390 000 Kč. Plocha stropu je 2603 m², tomu odpovídá potřebná plocha trapézového plechu. Celková cena trapézového plechu bude 35 000 Kč. Odhadovaná cena spřahovacích prostředků (trnů) je 80 000 Kč. Celková cena za materiál pro rekonstrukci stropu bude orientačně 1 155 000 Kč. Hmotnost potřebné oceli pro tuto variantu je 65, 61 t a cena ocelového materiálu je 1 640 000 Kč. Celková orientační cena materiálu pro tuto rekonstrukci je 2 795 000 Kč.

Hmotnost stávajícího stavu konstrukce						
Prvek		Rozměry - profil [mm]	Plocha průřezu [mm ²]	Délka [m]	Kusů [-]	Hmotnost prvků [kg]
Sloupy	SL1	790 x 320 x 20	27800	13,22	7	20195
	SL2	400 x 300 x 12	11700	13,22	8	9714
	SL2	401 x 300 x 12	11700	5,71	25	13111
	SL3	500 x 300 x 15	16100	13,22	34	56808
Průvlaky	PR1	320 x 920 x 20	30400	9,00	24	51546
	PR2	300 x 400 x 12	11700	6,00	21	11572
	PR2	301 x 400 x 12	11700	6,25	9	5166
	PR3	320 x 780 x 20	27600	6,00	6	7800
	PR4	320 x 1050 x 20	33000	9,00	4	9326
Trámy	I1	I340	8670	6,00	225	91880
	I2	I450	14700	6,00	64	44312
Vazníky	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	18,00	32	12615
	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	12,25	14	3756
	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	6,00	34	4468
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	1,91	101	2105
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	3,56	117	4545
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	3,77	7	288
Střešní profily	PR5	U240	4230	6,25	2	415
	PR5	U240	4230	6,00	32	6375
	I3	I160	2280	48,00	4	3436
	I3	I160	2280	54,00	11	10631
Ztužidla	V1	L 60 x 60 x 6	691	3,00	44	716
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,14	16	359
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,81	16	417
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,24	52	1196
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,42	4	96
		Celková hmotnost ocelové konstrukce [t]:				372,85
		Hmotnost betonové desky 54 x 48,25 x 0,2 m [t]:				1302,75
		Celková hmotnost nosné konstrukce [t]:				1675,60

Hmotnost konstrukce s přivařenými ocelovými prvky ke stávajícímu stavu						
Prvek		Rozměry - profil [mm]	Plocha průřezu [mm ²]	Délka [m]	Kusů [-]	Hmotnost prvků [kg]
Sloupy	SL1	790 x 320 x 20	27800	13,22	7	20195
	SL2 - A	Obecný profil	30492	13,22	8	25315
	SL2 - A	Obecný profil	30492	5,71	25	34169
	SL3 - B	Obecný profil	23641	13,22	34	83415
Průvlaky	PR1 - E	Obecný profil	40000	9,00	24	67824
	PR2	300 x 400 x 12	11700	6,00	21	11572
	PR2	301 x 400 x 12	11700	6,25	9	5166
	PR3	320 x 780 x 20	27600	6,00	6	7800
	PR4	320 x 1050 x 20	33000	9,00	4	9326
Trámy	I1 - C	Obecný profil	12769	6,00	225	135319
	I2	I450	14700	6,00	64	44312
Vazníky	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	18,00	32	12615
	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	12,25	14	3756
	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	6,00	34	4468
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	1,91	101	2105
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	3,56	71	2758
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	3,77	7	288
	L2 - D	Obecný profil	2140	3,56	46	2751
	L2 - D	Obecný profil	2140	1,78	46	1376
Střešní profily	PR5	U240	4230	6,25	2	415
	PR5	U240	4230	6,00	32	6375
	I3	I160	2280	48,00	4	3436
	I3	I160	2280	54,00	11	10631
Ztužidla	V1	L 60 x 60 x 6	691	3,00	44	716
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,14	16	359
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,81	16	417
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,24	52	1196
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,42	4	96
		Celková hmotnost ocelové konstrukce [t]:				498,17
		Hmotnost betonové desky 54 x 48,25 x 0,2 m [t]:				1302,75
		Celková hmotnost nosné konstrukce [t]:				1800,92

Hmotnost konstrukce se spřaženým stropem a zpevněnými sloupy						
Prvek		Rozměry - profil [mm]	Plocha průřezu [mm ²]	Délka [m]	Kusů [-]	Hmotnost prvků [kg]
Sloupy	SL1	790 x 320 x 20	27800	13,22	7	20195
	SL2 - A	Obecný profil	30492	13,22	8	25315
	SL2 - A	Obecný profil	30492	5,71	25	34169
	SL3 - B	Obecný profil	23641	13,22	34	83415
Průvlaky	PR1	320 x 920 x 20	30400	9,00	24	51546
	PR2	300 x 400 x 12	11700	6,00	21	11572
	PR2	301 x 400 x 12	11700	6,25	9	5166
	PR3	320 x 780 x 20	27600	6,00	6	7800
	PR4	320 x 1050 x 20	33000	9,00	4	9326
Trámy	I1	I340	8670	6,00	225	91880
	I2	I450	14700	6,00	64	44312
Vazníky	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	18,00	32	12615
	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	12,25	14	3756
	L1	2L 90 x 90 x 8	2790	6,00	34	4468
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	1,91	101	2105
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	3,56	71	2758
	L2	2L 60 x 60 x 6	1390	3,77	7	288
	L2 - D	Obecný profil	2140	3,56	46	2751
	L2 - D	Obecný profil	2140	1,78	46	1376
Střešní profily	PR5	U240	4230	6,25	2	415
	PR5	U240	4230	6,00	32	6375
	I3	I160	2280	48,00	4	3436
	I3	I160	2280	54,00	11	10631
Ztužidla	V1	L 60 x 60 x 6	691	3,00	44	716
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,14	16	359
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,81	16	417
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,24	52	1196
	V1	L 60 x 60 x 6	691	4,42	4	96
		Celková hmotnost ocelové konstrukce [t]:				438,46
		Hmotnost betonové desky 54 x 48,25 x 0,1 m [t]:				651,375
		Celková hmotnost nosné konstrukce [t]:				1089,83

Seznam použitých zdrojů:

Normy:

- [1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení- Vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení- Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení- Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 až 8 Navrhování ocelových konstrukcí
- [6] ČSN EN 1994-1-1 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí
- [7] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí

Publikace:

- [8] STUDNIČKA, J. *Ocelové spřažené konstrukce*. Praha: ČVUT, 2009. 152 p. ISBN 978-80-01-04298-4.
- [9] WALD, F., et al. *Prvky ocelových konstrukcí*. Praha: ČVUT, 2005. 159 p. ISBN 80-01-02722-8.
- [10] ROCHLA, M. *Stavební tabulky*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. 995 p.

Jiné zdroje:

- [11] Podklady od správce objektu

Seznam příloh:

- [1] Výstup z programu Scia Engineer – Stávající stav
- [2] Výstup z programu Scia Engineer – Nový stav
- [3] Podklady od vysokozdvížného vozíku
- [4] Podklady od stroje - 3x